

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 130 840 A2

(12)

## EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:  
05.09.2001 Bulletin 2001/36

(51) Int Cl.7: H04L 5/02, H04B 7/26,  
H04B 7/06

(21) Application number: 01301710.8

(22) Date of filing: 26.02.2001

(84) Designated Contracting States:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Designated Extension States:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventor: Wakutsu, Takashi,  
c/o Intellectual Property Div.  
Minato-ku, Tokyo (JP)

(74) Representative: Midgley, Jonathan Lee  
Marks & Clerk  
57-60 Lincoln's Inn Fields  
GB-London WC2A 3LS (GB)

(30) Priority: 29.02.2000 JP 2000054028

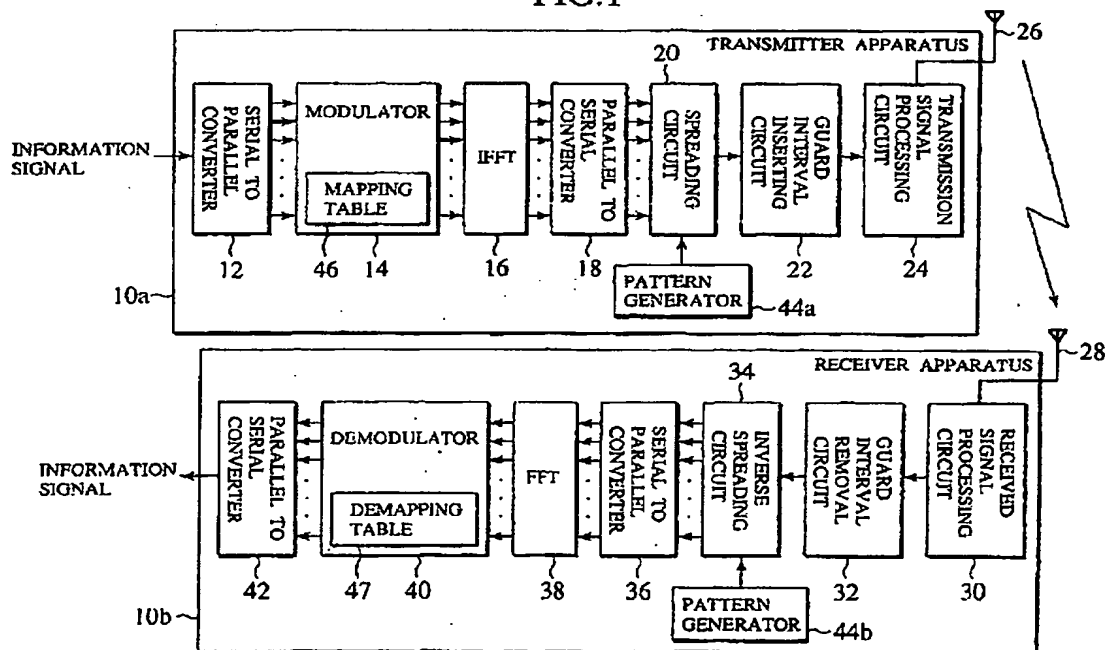
(71) Applicant: KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA  
Kawasaki-shi, Kanagawa-ken 210-8572 (JP)

### (54) Spread-spectrum multicarrier modulation for cellular communication

(57) An improved transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station implemented with the transmitter and receiver apparatuses are described. These apparatuses and the base station serves to establish communication by making use of an orthogonal

frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination. The communication coverage thereof can be expanded by making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination.

FIG.1



EP 1 130 840 A2

## Description

## CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] The subject application is related to subject matter disclosed in the Japanese Patent Application No. Hei2-54028 filed in February 29, 2000 in Japan, to which the subject application claims priority under the Paris Convention and which is incorporated by reference herein.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

## Field of the Invention

[0002] The present invention is related generally to a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station implemented with the transmitter and receiver apparatuses which are communicated with each other by making use of an orthogonal frequency division demultiplexing modulation and a spectrum spreading modulation in combination.

## Prior Art

[0003] In recent years, it becomes an important issue to cope with interference due to delay spread through multipaths while the signal transmission rates of wireless communication systems have been increased. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) is a technique with which the problem of the interference due to delay spread can be solved. OFDM is a block-oriented modulation scheme that maps data symbols onto a plurality of orthogonal sub-carriers separated by a distance to provide excellent resistance characteristics against the interference due to delay spread through the multipaths. Also, OFDM is capable of compacting a substantially larger number of sub-carriers, as compared with a conventional FDM (Frequency Division Multiplexing), to provide an extremely high utilization of the frequency resources. OFDM is employed as a signal transmission scheme for digital broadcast in Europe, U.S.A. and Japan, and, in addition to this, determined to be employed as part of the standard for wireless system such as HIPER-LAN/2 (Europe), IEEE802.11a (U.S.A.), MMAC (Japan) which are the next generations of the mobile communication systems.

[0004] Meanwhile, the next generations of the wireless communication system are expected to support high speed signal transmission rates in the order of several Mbps to several tens of Mbps with a wider bandwidth exclusively occupied by each channel. Because of this, it becomes furthermore important to improve the utilization of the frequency resources as compared with conventional systems. Furthermore, because of the limitation on the frequency resources as available, a technical object resides in how to determine an effective arrangement of the frequency resources and an effective arrangement of the respective cells in the cellular system.

[0005] Furthermore, the next generations of the wireless communication system are expected to support different signal transmission rates to accommodate a variety of information types for use in multimedia communications which require different levels of QoS (Quality of Service). The support for different signal transmission rates can be implemented by the use of different modulation systems and different encoding rates. Such a system capable of supporting different signal transmission rates is called as "a multi-rate supporting system" in the following description. The following table shows the relationship among the transfer speeds, the encoding rates, the modulation schema and the receiver sensitivities.

RELATIONSHIP AMONG TRANSFER SPEED, ENCODING RATE, MODULATION SCHEMA AND RECEIVER SENSITIVITIES

MODE	TRANSFER SPEED	ENCODING RATE	MODULATION SCHEME	RECEIVER SENSITIVITY
M1	6Mbps	BPSK	1/2	-82dBm
M2	9Mbps	BPSK	3/4	-81dBm
M3	12Mbps	QPSK	1/2	-79dBm
M4	18Mbps	QPSK	3/4	-77dBm
M5	27Mbps	16QAM	9/16	-74dBm
M6	36Mbps	16QAM	3/4	-70dBm
M7	54Mbps	64QAM	3/4	-65dBm

[0006] In the case of this example, there are seven modes M1 to M7 are implemented. Needless to say, a good wireless transmission condition is required for communication at a high speed transmission rate. As described in the above table, it is necessary to secure a higher reception electric field strength in order to change the transition mode from the low rate transition mode to the high rate transition mode, i.e., from the mode M1 to the mode M7. Inversely, when the transition mode is changed from the high rate transition mode to the low rate transition mode, i.e., from the mode M7 to the mode M1, the reception electric field strength as required is lowered. Namely, in the case of the multi-rate supporting system, it is possible to vary the extent (coverage) of the area (cell) to which radio waves can be effectively transmitted from one base station by changing the signal transmission rate. More specifically speaking, it is possible to expand the coverage of a cell by decreasing the signal transmission rate. Such a system capable of changing the coverage of a cell is called as "a dynamic cell structure system" in the following description.

[0007] Exemplary prior art dynamic cell structure systems are described in "Studies of Zone Generation Algorithm in Adaptive Variable Zone Structure System", Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, B-5-204, 1998 and described in "Studies of Adaptive Variable Zone Structure System Implemented with a Directional Antenna in a Base Station", Communications Society Conference, B-5-81, 1998. In the case of these exemplary prior art techniques, it is accomplished to lessen the load on a base station due to disparity of the number of mobile stations to be linked with the base station and decrease the distance between adjacent zones utilizing the same frequency by making use of an adaptive array antenna and adaptively modifying the profile of the zone in accordance with the distribution of mobile stations.

[0008] Furthermore, another exemplary prior art dynamic cell structure system is described in "Area Configuration Method in Multi-Rate Compatible High Speed Wireless LAN", Communications Society Conference, B-5-89, 1999. The coverage of a cell is changed by modifying the zone profile in the case of the exemplary prior art technique as described above by making use of an adaptive array antenna. Contrary to this, in accordance with the above described B-5-89 reference, the coverage of a cell is changed by varying the transmission rate of the beacon signal.

[0009] The system becomes more flexible as the variable range of the coverage of a cell is increased in the dynamic cell structure system. For this reason, it is a technical issue how to expand the variable range of the coverage of a cell.

[0010] Furthermore, it is inevitable that the interference with an adjacent cell is increased while the coverage of a cell is expanded. In other words, the expansion of the coverage is closely related to the arrangement of cells in the cellular system. From this fact, there is a problem as to how to arrange cells in the dynamic zone structure.

[0011] Also, the utilization of the frequency resources has to be improved in a wireless communication system. Particularly, in the case of the wireless communication system in the next generations where the occupied signal bandwidth per channel is designed to be broad, the frequency resources as available are limited so that an appropriate system design is required to accomplish highly utilization of the frequency resources.

[0012] The intelligent antenna (smart antenna) is a wireless communication system improving the utilization of channels. The intelligent antenna technology has been explained, for example, in "Intelligent Antenna Technology", Communications Society Conference Vol.1, TB-5-1, 1999. The exemplary prior art dynamic cell structure systems as described in "Studies of Zone Generation Algorithm in Adaptive Variable Zone Structure System" and "Studies of Adaptive Variable Zone Structure System Implemented with a Directional Antenna in a Base station" are also examples of application of the intelligent antenna.

[0013] The exemplary prior art as described in "Unnecessary Waves Suppression Characteristics for Multi Carrier - CMA Adaptive Array" is an example of application of the intelligent antenna to the OFDM system. In this example, the respective signals as received through a plurality of antenna elements are appropriately weighted and then synthesized by means of a synthesizer. The signals as synthesized are converted into the signals in the frequency domain by means of FFT. The weight factor is determined on the basis of CMA (Constant Modules Algorithm) in order to make equal all the amplitudes of the respective sub-carriers. In the case where the reception electric power of the target waves is sufficiently large, the control scheme on the basis of CMA is considered to be effective.

[0014] The reception electric field strength as required is depending on the signal transmission rate in the case of the multi-rate supporting system. For this reason, it is important how to effectively control the weight factors given to an adaptive array antenna in such an environment where different coverages are given to users.

[0015] Also, in the case of such a system in which the communication range is expanded by the antenna gain as obtained by directing the beam from an adaptive array antenna to the target mobile station, it is impossible to continue communication unless the antenna is directed to the mobile station. In other words, while communication can be continued without controlling the direction of the antenna in the case where the mobile station is located within the service area, it is impossible to establish communication with a mobile station located outside of the service area unless the antenna is directed to the mobile station by beam control. The antenna is controlled in order to appropriately direct the beam on the basis of the information obtained from the received signals. Accordingly, it is impossible to obtain information necessary for taking appropriate control of the antenna in order to direct a beam to the mobile station that is located in a remote position where a communication link can be established only by securing a necessary antenna gain through the adaptive array antenna directed to that mobile station.

[0016] In this manner, the next generations of the wireless communication system are expected to support high speed signal transmission rates in the order of several Mbps to several tens of Mbps with a wider bandwidth exclusively occupied by each channel. Because of this, it becomes indispensable to improve the utilization of the frequency resources as compared with conventional systems. Furthermore, because of the limitation on the frequency resources as available, the technical object resides in the arrangement of the frequency resources and the arrangement of the respective cells in the cellular system.

[0017] Furthermore, the system becomes more flexible as the variable range of the coverage of a cell is increased in the dynamic cell structure system. For this reason, it is a technical issue to expand the variable range of the coverage of a cell. Furthermore, it is inevitable that the interference with an adjacent cell is increased while the coverage of a cell is expanded. Namely, it shall not be the case that the interference with an adjacent cell is increased while the coverage of a cell is expanded. From this fact, it is a technical issue how to arrange cells in the dynamic zone structure.

[0018] Also, it is important how to effectively control the weight factors given to an adaptive array antenna in which the utilization of the frequency resources is improved by making use of the adaptive array antenna. Furthermore, it is impossible to obtain information necessary for taking appropriate control of the antenna in order to direct a beam to the mobile station that is located in a remote position where a communication link can be established only by securing a necessary antenna gain through the adaptive array antenna directed to that mobile station. In consequence, it is an important technical problem how to determine the initial position of a remote mobile station (the initial position determination).

## SUMMARY OF THE INVENTION

[0019] The present invention has been made in order to solve the shortcomings as described heretofore. It is an object of the present invention to provide a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station implemented with the transmitter and receiver apparatuses in which it is possible to expand the variable range of the coverage of a cell in the dynamic cell structure system.

[0020] It is another object of the present invention to provide a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station implemented with the transmitter and receiver apparatuses in which the interference between adjacent cells is effectively prevented even in the cell arrangement where the frequency resources as available are limited.

[0021] It is further object of the present invention to provide a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station implemented with the transmitter and receiver apparatuses in which it is possible to obtain information necessary for taking appropriate control of the antenna in order to direct a beam to the mobile station that is located in a remote position where a communication link can be established only by securing a necessary antenna gain through the adaptive array antenna directed to that mobile station.

[0022] In brief, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved transmitter apparatus making use of an orthogonal frequency division multiplexing modulation and a spectrum spreading modulation in combination comprising: an orthogonal frequency division multiplexing circuit which selectively modulates information signals to be transmitted by orthogonal frequency division multiplexing; a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted; and a transmission signal processing circuit which transfers said information signals which have been modulated by either said orthogonal frequency division multiplexing modulation or said spectrum spreading modulation to a receiver apparatus as a transmission signal, wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs the modulation of said information signals to be transmitted while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division multiplexing modulation of said information signals to be transmitted while said spectrum spreading circuit performs said spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted.

[0023] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said orthogonal frequency division multiplexing circuit is provided with a serial-to-parallel converter which converts said information signals to be transmitted from a serial data sequence to a parallel data sequence, a modulator which serves to map said parallel data as converted by said serial-to-parallel converter onto symbols in the frequency domain, an inverse fast Fourier transform unit which performs the inverse fast Fourier transformation of said information signals as mapped and a parallel-to-serial converter

which converts the output data sequence of the IFFT unit 16 from a parallel data sequence to a serial data sequence.  
 [0024] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said spectrum spreading circuit is provided with a spectrum spreading pattern generation circuit which generates a plurality of spectrum spreading patterns for use in said spectrum spreading modulation.

5 [0025] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said transmission signal processing circuit is provided with an adaptive array antenna and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, the direction of said receiver apparatus relative to said transmitter apparatus is detected by making use of a transmission signal which is modulated by said spectrum spreading modulation, followed by directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station to increase the received signal level of said receiver apparatus and make it possible to perform the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus by orthogonal frequency division multiplexing.

15 [0026] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved transmitter apparatus making use of orthogonal frequency division multiplexing modulations and a spectrum spreading modulation in combination comprising: an orthogonal frequency division multiplexing circuit which performs a first orthogonal frequency division multiplexing modulation of information signals to be transmitted; a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit; and a transmission signal processing circuit which transfers the output of said spectrum spreading circuit to a receiver apparatus as a transmission signal, wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division multiplexing modulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit performs said spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit.

35 [0027] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said orthogonal frequency division multiplexing circuit serves to perform a phase shift keying modulation of said information signals.

40 [0028] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved transmitter apparatus making use of orthogonal frequency division multiplexing modulations and a spectrum spreading modulation in combination comprising: a mapping circuit which serves to map information signals to be transmitted onto symbols in the frequency domain suitable for a first orthogonal frequency division multiplexing modulation; a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of the output of said mapping circuit; an orthogonal frequency division multiplexing circuit which performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation of the output signal of said spectrum spreading circuit; and a transmission signal processing circuit which transfers the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit to a receiver apparatus as a transmission signal, wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of the output of said mapping circuit, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division multiplexing modulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit performs said spec-

trum spreading modulation of the output of said mapping circuit.

[0029] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said transmission signal processing circuit is provided with an adaptive array antenna and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, the direction of said receiver apparatus relative to said transmitter apparatus is detected by making use of a transmission signal which is modulated by said spectrum spreading modulation, followed by directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station to increase the received signal level of said receiver apparatus and make it possible to perform the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus by said first orthogonal frequency division multiplexing modulations.

[0030] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising: an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates information signals transmitted from a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus by performing inverse spectrum spreading demodulation of said information signals; an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which selectively demodulates said information signals; wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs the demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

[0031] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said orthogonal frequency division demultiplexing circuit serves also to perform a phase shift keying demodulation of said information signals as received.

[0032] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising: an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which demodulates information signals transmitted from a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus on the basis of a first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation; an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates the output of said orthogonal frequency division demultiplexing circuit by performing inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as demultiplexed; wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division demultiplexing demodulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

[0033] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising: an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which selectively demodulates information signals transmitted from

a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus by performing an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation of said information signals; an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates the output of said orthogonal frequency division demultiplexing circuit by performing inverse spectrum spreading demodulation of the information signals as received; a demapping circuit which serves to selectively demap said information signals as demodulated by said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation from symbols in the frequency domain suitable for said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation; wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs the demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and wherein, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

[0034] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said inverse spectrum spreading circuit is provided with a spectrum spreading pattern generation circuit which generates a plurality of spectrum spreading patterns for use in said inverse spectrum spreading demodulation.

[0035] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said orthogonal frequency division demultiplexing circuit is provided with a serial-to-parallel converter which converts the information signals as received from a serial data sequence to a parallel data sequence and a fast Fourier transform unit which performs the fast Fourier transformation of said information signals as converted to said parallel data sequence.

[0036] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said inverse spectrum spreading circuit makes use of different spectrum spreading patterns for different transmitter apparatuses.

[0037] In accordance with a further aspect of the present invention, the above and other objects and advantages of the present invention are provided by a new and improved base station which serves to establish communication with at least one mobile station located in a communication area where said base station is responsible for communication by making use of an orthogonal frequency division multiplexing modulation and a spectrum spreading modulation in combination comprising: a transmitter apparatus capable of transmitting information signals in a first transmission mode which has a first transmission speed and a first gain and transmitting information signals in a second transmission mode which has a second transmission speed which is lower than said first transmission speed and a second gain which is greater than said first gain; a receiver apparatus capable of receiving a first reception mode which receives information signals having been transmitted in said first transmission mode and receiving a second reception mode which receives information signals having been transmitted in said second transmission mode; wherein, when said mobile station and said base station are located so close to maintain communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station maintains communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, wherein, when said mobile station and said base station are located too remote to maintain communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station establishes communication between said mobile station and said base station in said second transmission mode and said second reception mode.

[0038] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said base station makes use of said second transmission mode and said second reception mode for communication with a mobile station which is located in an overlapping area between said communication area where said base station is responsible for communication and an adjacent area where an adjacent base station is responsible for communication.

[0039] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said base station and an adjacent base station thereto share the same communication resources for said first transmission mode and said first reception mode respectively and make use of separate communication resources for said second transmission mode and said second reception mode respectively.

[0040] In a preferred embodiment, further improvement resides in that said base station is provided with an adaptive array antenna and wherein, when said mobile station and said base station are located so remote from each other that the received signal level of said base station is not sufficient to maintain the communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station establishes communication with said mobile station in said second transmission mode and said second reception mode, detects

the direction of said mobile station relative to said base station, directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station in order to improve the gain in said first transmission mode and said first reception mode, and then establishing communication with said mobile station in said first transmission mode and said first reception mode.

## BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

[0041] The aforementioned and other features and objects of the present invention and the manner of attaining them will become more apparent and the invention itself will be best understood by reference to the following description of a preferred embodiment taken in conjunction with the accompanying drawings, wherein:

Fig.1 is a block diagram showing a transmitter apparatus and a receiver apparatus in accordance with a first embodiment of the present invention.

Fig.2 is a schematic diagram showing an exemplary configuration of cells in accordance with the conventional cellular system.

Fig.3 is a schematic diagram showing an exemplary configuration of the burst frame for the TDMA system in which time slots are allocated to the respective channels by timely division for multiplexing.

Fig.4 is an explanatory view for explaining the coverage of the cell of the base station in accordance with the first embodiment of the present invention.

Fig.5 is explanatory view for explaining the processing of the signals by the transmitter apparatus and the receiver apparatus as illustrated in Fig.1 in the case where the spectrum spreading operation is not performed as well as the inverse spectrum spreading operation.

Fig.6 is explanatory view for explaining the processing of the signals by the transmitter apparatus and the receiver apparatus as illustrated in Fig.1 in the case where the spectrum spreading operation is performed as well as the inverse spectrum spreading operation.

Fig.7 is a block diagram showing a transmitter apparatus and a receiver apparatus in accordance with a second embodiment of the present invention.

Fig.8 is explanatory view for explaining the processing of the signals by the transmitter apparatus and the receiver apparatus as illustrated in Fig.7 in the case where the spectrum spreading operation is not performed as well as the inverse spectrum spreading operation.

Fig.9 is explanatory view for explaining the processing of the signals by the transmitter apparatus and the receiver apparatus as illustrated in Fig.7 in the case where the spectrum spreading operation is performed as well as the inverse spectrum spreading operation.

Fig.10 is a schematic diagram showing an example of the conventional cell arrangement in the case where only one frequency is available.

Fig.11 is a schematic diagram showing the cell arrangement in accordance with the third embodiment of the present invention.

Fig.12 is a schematic diagram showing an exemplary configuration of the burst frame in accordance with the third embodiment of the present invention.

Fig.13 is a block diagram showing the configuration of the antenna system for signal reception in accordance with the fourth embodiment of the present invention.

Fig.14 is a block diagram showing the configuration of the antenna system for signal transmission in accordance with the fourth embodiment of the present invention.

## DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS

[0042] Various embodiments of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings. It is to be noted that the same or similar reference numerals are applied to the same or similar parts and elements throughout the drawings, and the description of the same or similar parts and elements will be omitted or simplified.

### (FIRST EMBODIMENT)

[0043] Fig.1 is a block diagram showing a transmitter apparatus and a receiver apparatus in accordance with a first embodiment of the present invention. The transmitter apparatus and the receiver apparatus in accordance with the present invention are provided for wireless communication by the use of OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

[0044] As illustrated in Fig.1, the transmitter apparatus 10a in accordance with the first embodiment of the present invention is composed of a serial-to-parallel converter 12 for converting the information signals (data stream) to be transmitted from a serial data sequence to a parallel data sequence, a modulator 14 for mapping the parallel data as



outputted from the serial-to-parallel converter 12 onto symbols in the frequency domain, an IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) unit 16 for converting the signals in the frequency domain as outputted from the modulator 14 to the signals in the time domain, a parallel-to-serial converter 18 for converting the output data sequence of the IFFT unit 16 from a parallel data sequence to a serial data sequence, a spectrum spreading circuit 20 for spectrum spreading the output signals of the parallel-to-serial converter 18, a guard interval inserting circuit 22 for inserting guard intervals which are timely gaps to the output signals of the spectrum spreading circuit 20 for the purpose of preventing interference due to multipaths, a transmission signal processing circuit 24 for performing necessary processes required to transmit the output signals of the guard interval inserting circuit 22 as radio signals, an antenna 26 for radiating the output signals of the transmission signal processing circuit 24 as electric waves. The transmission signal processing circuit 24 serves to perform the conversion of input signals from digital signals to analog signals, the conversion of the frequencies of signals to appropriate frequencies for wireless communication, the amplification of signal levels to sufficient levels and so forth.

[0045] Also, the transmitter apparatus 10a in accordance with the first embodiment has a pattern generation circuit 44a provided in the spectrum spreading circuit 20 for generating spectrum spreading signals (spectrum spreading pattern) which are multiplied by the output signals of the parallel-to-serial converter 18 when the spectrum spreading circuit 20 performs spectrum spreading, and a mapping table 46 provided in the modulator 14 for storing numbers to be mapped corresponding to the parallel data as outputted from the serial-to-parallel converter 12. Not shown in the figure, the transmitter circuit 10a is provided with a control circuit for taking control of the spectrum spreading circuit 20 as to whether or not spectrum spreading is performed. The control circuit serves to output an appropriate control signal to the spectrum spreading circuit 20 in order to take control of the spectrum spreading process by the spectrum spreading circuit 20.

[0046] On the other hand, the receiver apparatus 10b in accordance with the first embodiment of the present invention is composed of an antenna 28 for receiving radio waves as radiated from the transmitter apparatus 10a, a received signal processing circuit 30 for performing processes to convert radio frequency signals to corresponding baseband signals, a guard interval removal circuit 32 for removing the guard intervals in synchronism with the timing information as obtained from the decoded signals, an inverse spectrum spreading circuit 34 for inverse spectrum spreading the output signals of the guard interval removal circuit 32, a serial-to-parallel converter 36 for converting the output signals of the spectrum spreading circuit 34 from a serial data sequence to a parallel data sequence, an FFT (Fast Fourier Transform) unit 38 for converting the parallel data as output from the serial-to-parallel converter 36 from signals in the time domain to signals in the frequency domain, a demodulator unit 40 for demapping the signals as outputted from the FFT unit 38 in the frequency domain, and a parallel-to-serial converter 42 for converting the output signals of the demodulator unit 40 from a parallel data sequence to a serial data sequence.

[0047] Furthermore, the receiver apparatus 10b in accordance with the first embodiment is composed of the pattern generation circuit 44b provided in the inverse spectrum spreading circuit 34 for generating the identical patterns as used by the spectrum spreading circuit 20 of the transmitter apparatus 10a, and a demapping table 47 provided in the demodulator unit 40 for storing the identical numbers as stored in the mapping table 46 of the transmitter apparatus 10a. Although not shown in the figure, like the above described the transmitter apparatus 10a, the receiver circuit 10b is provided with a control circuit for taking control of the inverse spectrum spreading circuit 34 as to whether or not inverse spectrum spreading is performed. This control circuit serves to output an appropriate control signal to the inverse spectrum spreading circuit 34 in order to take control of the inverse spectrum spreading process by the inverse spectrum spreading circuit 34.

[0048] Next, the configuration of cells and burst frames in accordance with the first embodiment of the present invention will be explained. First, the configuration of cells and burst frames in accordance with the conventional cellular system will be explained. Fig.2 is a schematic diagram showing an exemplary configuration of cells in accordance with the conventional cellular system. As illustrated in Fig.2, in the case of the conventional cellular system, a plurality of base stations 48n-1, 48n and 48n+1 are located in the service area covered by cells 50n-1, 50n and 50n+1 in which radio waves are effectively propagated from the respective base stations 48n-1, 48n and 48n+1. The base stations 48n-1, 48n and 48n+1 are responsible for resource management of wireless frequencies and so forth within the respective cells 50n-1, 50n and 50n+1. Furthermore, there are a plurality of mobile stations 52m-1, 52m and 52m+1 in the service area. The respective base stations 48n-1, 48n and 48n+1 and the respective mobile stations 52m-1, 52m and 52m+1 are provided with usual transmitter apparatuses and receiver apparatuses.

[0049] The so-called cellular system is such a system in which wireless resources are allocated to the respective base stations 48n-1, 48n and 48n+1 and the respective mobile stations 52m-1, 52m and 52m+1. The timing control of the signals for use in the communication system is depending upon the channel allocation algorithm which is employed in the communication system.

[0050] Fig.3 is a schematic diagram showing an exemplary configuration of the burst frame for the TDMA system in which time slots are allocated to the respective channels by timely division for multiplexing. In Fig.3, the abscissa is indicative of time. The burst frame as illustrated in Fig.3 consists of a broadcast channel 54 through which common

Information is broadcasted from a base station to all the mobile stations linked to the base station, a downlink channel 56 through which information items exclusive to the respective mobile stations are transferred from the base station to the individual mobile stations, an uplink channel 58 through which information items are transferred from the respective mobile stations to the base station, and a random access channel 60 through which a mobile station can transfer a request for allocation of wireless resources to the base station. The respective channels 54, 56, 58 and 60 are composed of a plurality of slots respectively.

[0051] The mobile station located within the service area is in communication with the base station through predetermined slots in the downlink channel 56 and the uplink channel 58 which have been allocated to the mobile station by the base station. In many prior art cellular systems, the modulation scheme and the signal transmission rate for use in communications between the base station and the respective mobile stations are fixed in advance. For example, in the case of the PHS system, the modulation scheme and the signal transmission rate for use therein have been defined as quadrature phase shift keying (QPSK) modulation and 32 kbps respectively. Contrary to this, the next generations of the wireless communication system are designed to support different signal transmission rates to accommodate a variety of information types for use in multimedia communications which require different levels of QoS (Quality of Service). More specifically speaking, the support for different signal transmission rates can be implemented by the use of different modulation systems and different encoding rates. Namely, the multi-rate supporting system is employed in the next generations of the wireless communication system.

[0052] The multi-rate supporting system serves to accommodate users requiring different signal transmission rates and therefore particularly fitted for multimedia information. Also, since an appropriate signal transmission rate can be used in accordance with the wireless communication environment, the utilization of the frequency resources can be improved. Furthermore, the coverage of a cell can be varied by changing the signal transmission rate. The system becomes more flexible as the variable range of the coverage of a cell is increased in the dynamic cell structure system. For this reason, it is a technical issue to expand the variable range of the coverage of a cell as explained in the prior art technique.

[0053] Next, the cell configuration around a base station in accordance with the first embodiment of the present invention will be explained in conjunction with Fig.4. Fig.4 is an explanatory view for explaining the coverage of the cell of the base station in accordance with the first embodiment of the present invention. As illustrated in Fig.4, the base station 62 of the first embodiment of the present invention serves to provide an ordinary coverage 66 and a spreading coverage 68. The base station 62 performs conventional OFDM in the ordinary coverage 66 in which the mobile stations 64a and 64b maintain communication with the base station 62 on the basis of the OFDM. Furthermore, the base station 62 serves to provide the spreading coverage 68 surrounding the ordinary coverage 66 for performing conventional OFDM, and can establish communication with a mobile station 64c located outside of the ordinary coverage 66 but inside of the spreading coverage 68.

[0054] As illustrated in Fig.1, the transmitter apparatus 10a in accordance with the first embodiment of the present invention is provided with the spectrum spreading circuit 20 between the parallel-to-serial converter 18 and the guard interval inserting circuit 22 while the receiver apparatus 10b is provided with the inverse spectrum spreading circuit 34 between the guard interval removal circuit 32 and the serial-to-parallel converter 36. The spectrum spreading circuit 20 of the transmitter apparatus 10a serves to spread the respective transmission signals by multiplying the transmission signals by a pattern as generated by the pattern generation circuit 44a. On the other hand, the spectrum spreading circuit 34 serves to inverse spread the respective received signals by multiplying the received signals as spectrum spread by a pattern as generated by the pattern generation circuit 44b. The pattern as generated by the pattern generation circuit 44a for the multiply operation is identical to the pattern as generated by the pattern generation circuit 44b for the multiply operation.

[0055] Fig.5 and Fig.6 are explanatory views for explaining the processing of the signals in the transmitter apparatus 10a and the receiver apparatus 10b as illustrated in Fig.1. Fig.5 is explanatory view for explaining the processing of the signals in the case where the spectrum spreading operation is not performed as well as the inverse spectrum spreading operation. Fig.6 is explanatory view for explaining the processing of the signals in the case where the spectrum spreading operation is performed as well as the inverse spectrum spreading operation. The case where the spectrum spreading operation is not performed as well as the inverse spectrum spreading operation is such a case where the receiver apparatus and the transmitter apparatus are located so close to each other that the receiver sensitivity is sufficient to maintain the communication between the receiver apparatus and the transmitter apparatus by means of OFDM without spectrum spreading. Also, the case where the spectrum spreading operation is performed as well as the inverse spectrum spreading operation is such a case where the receiver apparatus and the transmitter apparatus are located so remote from each other that the receiver sensitivity is not sufficient to establish the communication between the receiver apparatus and the transmitter apparatus by means of OFDM without spectrum spreading. As illustrated in Fig.5, in the case without spectrum spreading, the transmitter apparatus 10a serves to generate conventional OFDM signals. More specifically speaking, the conventional OFDM signals are generated by mapping data symbols onto the complex plane in the frequency domain (see spectral components 70) by means of the modulator

14 of the transmitter apparatus 10a, and converting the data symbols as mapped to signals in the time domain by means of the IFFT unit 18. The OFDM signals are generated to effectively occupy the entirety of the available bandwidth. In this case, the spectrum spreading circuit 20 serves to output the input signals without change so that the transmitter apparatus 10a then outputs the signals with spectra 74.

5 [0056] As illustrated in Fig.6, also in the case where spectrum spreading is performed, the transmitter apparatus 10a serves to generate OFDM signals. However, the modulator 14 serves to decrease the number of the data symbols as mapped onto the complex plane in the frequency domain (see spectral components 80). In this case, only one sub-carrier is modulated while NULL is assigned to the remaining sub-carriers. OFDM is therefore not performed in fact in this case. Accordingly, the OFDM signals as converted in the time domain by the IFFT unit 16 has spectral components 82. If the number of the available sub-carriers of the OFDM signals is N, 1/N of the available bandwidth is used by the spectral components 82. Accordingly, the transfer speed is also decreased by 1/N. The spectrum spreading circuit 20 then multiplies the input signals by a predetermined pattern (s). The transmission signal processing circuit 24 serves to amplify the signals to a sufficient power level and output the amplified signals. Accordingly, the transmitter apparatus 10a outputs the OFDM has spectrum spread with the spectral components 84 of which effective bandwidth is equal to that of the spectral components 74 as illustrated in Fig.5.

15 [0057] On the other hand, the receiver apparatus 10b usually skips the inverse spectrum spreading process, but only when communication can not be established, it performs the inverse spectrum spreading process in advance of demodulation. As illustrated in Fig.6, when the inverse spectrum spreading process is performed, the inverse spectrum spreading circuit 34 of the receiver apparatus 10b serves to switch the inverse spreading pattern among from a plurality of predetermined patterns to search the inverse spreading pattern, that is identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a, for inverse spreading the received signals (see the spectral components 86). The inverse spectrum spreading circuit 34 then performs the inverse spectrum spreading process of the received signals by the use of the inverse spreading pattern identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a. Accordingly, the inverse spectrum spreading circuit 34 outputs the signals with spectral components 88. The spectral components 88 is corresponding to the spectral components 78 in the case where the inverse spectrum spreading operation is not performed.

20 [0058] In accordance with the first embodiment of the present invention, the receiver sensitivity can be improved by the spectrum spreading gain since the OFDM signals are spectrum spread at the transmitter apparatus and spectrum de-spread at the receiver apparatus. Because of this, it is possible to expand the variable range of the coverage of a cell in the dynamic cell structure system.

25 [0059] Furthermore, in accordance with the first embodiment of the present invention, it is possible to implement the transmitter/reception apparatus only by partly modifying an existing system and therefore to reduce the initial cost as required when the new system is introduced.

## 35 (SECOND EMBODIMENT)

[0060] Fig.7 is a block diagram showing a transmitter apparatus and a receiver apparatus in accordance with a second embodiment of the present invention. The transmitter apparatus and the receiver apparatus in accordance with the present invention are provided for wireless communication by the use of the OFDM technique in the same manner as the first embodiment. In the case of the first embodiment of the present invention, the OFDM modulation and the spectrum spreading process are not performed to the same signals in combination. However, in the case of the present embodiment, the OFDM modulation and the spectrum spreading process are performed to the same signals.

40 [0061] Also, the first embodiment of the present invention, the signals in the frequency domain are spectrum spread or inverse spectrum spread. Accordingly, the spectrum spreading circuit 20 as illustrated in Fig.1 is connected between the parallel-to-serial converter 18 and the guard interval inserting circuit 22 while the inverse spectrum spreading circuit 34 is connected between the guard interval removal circuit 32 and the serial-to-parallel converter 36. However, the spectrum spreading process and the inverse spectrum spreading process are linear operations and can be performed in the time domain. In accordance with the present embodiment, the spectrum spreading process and the inverse spectrum spreading process are performed in the time domain.

45 [0062] As illustrated in Fig.7, the transmitter apparatus 10a in accordance with the second embodiment of the present invention is composed of a serial-to-parallel converter 12 for converting the information signal (data stream) to be transmitted from a serial data sequence to a parallel data sequence, a modulator 14 for mapping the parallel data as outputted from the serial-to-parallel converter 12 onto symbols in the frequency domain, a spectrum spreading circuit 140 for spectrum spreading the output signals of the modulator 14, an IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) unit 16 for converting the signals in the frequency domain as outputted from the spectrum spreading circuit 140 to the signals in the time domain, a parallel-to-serial converter 18 for converting the output data sequence of the IFFT unit 16 from a parallel data sequence to a serial data sequence, a guard interval inserting circuit 22 for inserting guard intervals which are timely gaps to the output signals of the parallel-to-serial converter 18 for the purpose of preventing interfer-

ence due to multipaths, a transmission signal processing circuit 24 for performing necessary processes required to transmit the output signals of the guard interval inserting circuit 22 as radio signals, an antenna 26 for radiating the output signals of the transmission signal processing circuit 24 as electric waves. The transmission signal processing circuit 24 serves to perform the conversion of input signals from digital signals to analog signals, the conversion of the frequencies of the signals to appropriate frequencies for wireless communication, the amplification of signal levels to sufficient levels and so forth.

[0063] Furthermore, the transmitter apparatus 10a in accordance with the second embodiment is provided with a pattern generation circuit 144a in the spectrum spreading circuit 140 for generating spectrum spreading signals (spectrum spreading patterns) which are multiplied by the output signals of the modulator 14 when the spectrum spreading circuit 140 performs spectrum spreading, and a mapping table 46 provided in the modulator 14 for storing numbers to be mapped corresponding to the parallel data as outputted from the serial-to-parallel converter 12. Not shown in the figure, the transmitter circuit 10a is provided with a control circuit for taking control of the spectrum spreading circuit 140 as to whether or not spectrum spreading is performed. The control circuit serves to output an appropriate control signal to the spectrum spreading circuit 140 in order to take control of the spectrum spreading process by the spectrum spreading circuit 140.

[0064] On the other hand, the receiver apparatus 10b in accordance with the second embodiment of the present invention is composed of an antenna 28 for receiving radio waves as radiated from the transmitter apparatus 10a, a received signal processing circuit 30 for performing processes to convert radio frequency signals to corresponding baseband signals, a guard interval removal circuit 32 for removing the guard intervals in synchronism with the timing information as obtained from the decoded signals, a serial-to-parallel converter 36 for converting the output signals of the guard interval removal circuit 32, an FFT (Fast Fourier Transform) unit 38 for converting the parallel data as output from the serial-to-parallel converter 36 from signals in the time domain to signals in the frequency domain, an inverse spectrum spreading circuit 34 for inverse spectrum spreading the output signals of the FFT unit 38, a demodulator unit 40 for demapping the signals as outputted from the inverse spectrum spreading circuit 142 in the frequency domain, and a parallel-to-serial converter 42 for converting the output signals of the demodulator unit 40 from a parallel data sequence to a serial data sequence.

[0065] Furthermore, the receiver apparatus 10b in accordance with the second embodiment is composed of the pattern generation circuit 44b provided in the inverse spectrum spreading circuit 142 for generating the identical patterns as used by the spectrum spreading circuit 140 of the transmitter apparatus 10a, and a demapping table 47 provided in the demodulator unit 40 for storing the identical numbers as stored in the mapping table 46 of the transmitter apparatus 10a. Although not shown in the figure, like the above described the transmitter apparatus 10a, the receiver circuit 10b is provided with a control circuit for taking control of the inverse spectrum spreading circuit 142 as to whether or not inverse spectrum spreading is performed. This control circuit serves to output an appropriate control signal to the inverse spectrum spreading circuit 142 in order to take control of the inverse spectrum spreading process by the inverse spectrum spreading circuit 142.

[0066] Fig.8 and Fig.9 are explanatory views for explaining the processing of the signals in the transmitter apparatus 10a and the receiver apparatus 10b as illustrated in Fig.7. Fig.8 is explanatory view for explaining the processing of the signals in the case where the spectrum spreading operation is not performed as well as the inverse spectrum spreading operation. Fig.9 is explanatory view for explaining the processing of the signals in the case where the spectrum spreading operation is performed as well as the inverse spectrum spreading operation. As illustrated in Fig.8, in the case without spectrum spreading, the transmitter apparatus 10a serves to generate conventional OFDM signals. More specifically speaking, the conventional OFDM signals are generated by mapping data symbols onto the complex plane in the frequency domain by means of the modulator 14 of the transmitter apparatus 10a, and passed through the spectrum spreading circuit 140 without change (see spectral components 170). The IFFT unit 18 then converts the signals in the frequency domain which are not spectrum spread to signals in the time domain. The OFDM signals as generated occupy the entirety of the available bandwidth.

[0067] As illustrated in Fig.9, the transmitter apparatus 10a serves to generate the OFDM signals with orthogonal frequency waves even when they are spectrum spread. However, the modulator 14 serves to decrease the number of the data symbols as mapped onto the complex plane in the frequency domain (see spectral components 180). In this case, only four sub-carriers are modulated while NULL is assigned to the remaining sub-carriers. Accordingly, the OFDM signal as output from the modulator 14 has the spectral components 180. If the number of all the sub-carriers is 64, the bandwidth occupied by the spectral components 180 of the four effective sub-carriers is 1/16 of the entirety of the available bandwidth. Furthermore, the spectrum spreading circuit 20 serves to multiply the input signals by a predetermined pattern. Accordingly, the output signals of the spectrum spreading circuit 20 have the spectral components 182 which are finally output as OFDM signals which are spectrum spread by a factor of 16.

[0068] On the other hand, the receiver apparatus 10b usually skips the inverse spectrum spreading process (see Fig.8), but only when communication can not be established, it performs the inverse spectrum spreading process in advance of demodulation. As illustrated in Fig.9, when the inverse spectrum spreading process is performed, the

Inverse spectrum spreading circuit 142 of the receiver apparatus 10b serves to switch the inverse spreading pattern among from a plurality of predetermined patterns to search the inverse spreading pattern, that is identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a, for inverse spreading the received signals (see the spectral components 186). The inverse spectrum spreading circuit 142 then performs the inverse spectrum spreading process of the received signals by the use of the inverse spreading pattern identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a. Accordingly, the inverse spectrum spreading circuit 142 outputs the signals with spectral components 188.

[0069] Also, in accordance with the second embodiment of the present invention, the receiver sensitivity can be improved by the spectrum spreading gain since the OFDM signals are spectrum spread at the transmitter apparatus and spectrum de-spread at the receiver apparatus. Because of this, it is possible to expand the variable range of the coverage of a cell in the dynamic cell structure system.

[0070] Furthermore, it is possible to implement the transmitter/reception apparatus only by partly modifying an existing system and therefore to reduce the initial cost as required when the new system is introduced in the same manner as the first embodiment of the present invention. For deciding whether to use the first embodiment or the second embodiment of the present invention, the environment of the application, the specification of the system, the implementation and so forth should be taken into consideration.

### (THIRD EMBODIMENT)

[0071] Next, a third embodiment of the present invention will be explained. The next generations of the wireless communication system are expected to support high speed signal transmission rates in the order of several Mbps to several tens of Mbps with a wider bandwidth exclusively occupied by each channel. Because of the limitation on the frequency resources as available, it is particularly important how to determine an effective arrangement of the respective cells in the cellular system.

[0072] Fig.10 is a schematic diagram showing an example of the conventional cell arrangement in the case where only one frequency is available. As illustrated in Fig.10, it is impossible to provide overlap between adjacent ones of the cells. 92n-1, 92n and 92n+1 of base stations 90n-1, 90n and 90n+1. Accordingly, when the mobile station 94a in the cell 92n-1 is transiting to the position 94c through the position 94b, the communication between the mobile station 94a and either the base station 90n-1 or the base station 90n+1 is disconnected. This is a serious problem of the mobile communication system and therefore it is required to implement a handover system which is reliable even if a small number of frequencies are available.

[0073] Fig.11 is a schematic diagram showing the cell arrangement in accordance with the third embodiment of the present invention. The third embodiment of the present invention is provided to show examples of a base station and a mobile station, having the receiver/transmitter apparatuses in accordance with the first embodiment of the present invention, for use in the environment of the cell arrangement in the case where only one frequency is available. Namely, in accordance with the third embodiment of the present invention, adjacent cells can be located overlapped with each other by expanding the coverage of the cell of the respective base station designed in accordance with the first embodiment as described above. Meanwhile, only two base stations are illustrated for the sake of explanation.

[0074] As illustrated in Fig.11, in the cell arrangement in accordance with the third embodiment, the respective base stations 96n-1 and 96n serve to provide ordinary coverage 98n-1 and 98n and spreading coverage 100n-1 and 100n. The base stations 96n-1 and 96n perform conventional OFDM in the ordinary coverages 98n-1 and 98n in which the mobile stations 102a and 102c maintain communication with the base stations 96n-1 and 96n on the basis of the conventional OFDM.

[0075] In this case, the mobile station 102a located in the ordinary coverage 98n-1 and the mobile station 102c located in the ordinary coverage 98n can be in communication with the base stations 96n-1 and 96n to perform a higher speed data exchange than the mobile station 102b located in the spreading coverage 100n-1 and the spreading coverage 100n. The mobile station 102b is located in both the spreading coverage 100n-1 of the base station 96n-1 and the spreading coverage 100n of the base station 96n. In other words, the mobile station 102b can effectively receive signals from both the base station 96n-1 and the base station 96n. The base station 96n-1 and the base station 96n share an identical frequency but make use of different patterns for spectrum spreading and inverse spectrum spreading in order to make it possible to discriminate the signals transmitted by the base station 96n-1 from the signals transmitted by the base station 96n.

[0076] In accordance with the third embodiment of the present invention, it is possible to avoid the interference associated when expanding the coverage of the cell even if adjacent cells share an identical frequency. Also, in accordance with the third embodiment of the present invention, it is possible to implement a handover system which is reliable even if a small number of frequencies are available.

[0077] Next, the configuration of cells and burst frames in accordance with the third embodiment of the present invention will be explained in conjunction with Fig.11 and Fig.12. Fig.12 is a schematic diagram showing an exemplary

configuration of the burst frame in accordance with the third embodiment of the present invention. The burst frame in accordance with the third embodiment is substantially same as illustrated in Fig.3 showing a burst frame for the TDMA system in which time slots are allocated to the respective channels by timely division for multiplexing.

[0078] As illustrated in Fig.12, the burst frame in accordance with the third embodiment consists of a broadcast channel 104 through which common information is broadcasted from a base station to all the mobile stations linked to the base station, a downlink channel 106 through which information items exclusive to the respective mobile stations are transferred from the base station to the individual mobile stations, an uplink channel 108 through which information items are transferred from the respective mobile stations to the base station, and a random access channel 110 through which a mobile station can transfer a request for allocation of wireless resources to the base station. The respective channels 104, 106, 108 and 110 are composed of a plurality of slots respectively.

[0079] Furthermore, in accordance with the third embodiment of the present invention, the coverage of the cell of the base station can be expanded by transmitting spectrum spread OFDM signals through the downlink channel 106 and the uplink channel 108 in order not to affect the concurrent conventional OFDM transmission. Namely, as illustrated in Fig.12, the slots 112 in the downlink channel 106 and the slots 114 in the uplink channel 108 are allocated to the transmission of the spectrum spread OFDM signals.

[0080] For example, as illustrated in Fig.11, the slots 112 and 114 as seen from the mobile stations 102a and 102c located in the ordinary coverage 98n-1 and 98n are simply neglected in the same manner as other slots allocated to other mobile stations. For this reason, the concurrent conventional OFDM transmission is not affected by the spectrum spread OFDM signals.

[0081] On the other hand, the mobile station 102b located in the spreading coverage 100n-1 and 100n inverse spectrum spreads the signals as transmitted through the slots 112 and 114 by the use of the pattern identical to the pattern having used for spectrum spreading the same signals in the base stations 98n-1 and 98n. Because of this, the mobile station 102b can reproduce the signals as transmitted through the slots 112 and 114.

[0082] Furthermore, for the purpose of providing the same services as provided for the mobile stations 102a and 102c located in the ordinary coverage 98n-1 and 98n, the base station has to provide for the mobile station 102b located in the spreading coverage 100n-1 and 100n with a broadcast channel, a downlink channel through which information items exclusive to the mobile stations are transferred from the base station, an uplink channel 108 through which information items are transferred from the mobile stations to the base station, and a random access channel 110 through which the mobile station can transfer a request for allocation of wireless resources to the base station. Needless to say, these signals shall not affect the concurrent conventional OFDM transmission. Accordingly, the broadcast channel, the downlink channel, the uplink channel and the random access channel for the mobile station 102b are provided within the slots 112 in the downlink channel 106 and the slots 114 in the uplink channel 108.

[0083] However, while the spectrum spread OFDM signals are transmitted through the downlink channel 106 and the uplink channel 108 which are user channels, it is generally not predetermined which slots are allocated to the spectrum spread OFDM signals. In other words, the number of the slots in the burst frame as illustrated in Fig.12 which are preceding the slots allocated to the spectrum spread OFDM signals is depending upon the case.

[0084] To meet with this situation, in accordance with the third embodiment of the present invention, the base station serves to transmit to the mobile stations located in the ordinary coverage 98n-1 and 98n, through the broadcast channel, information about the number I of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the downlink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals and the number II of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the uplink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals, so that even when the mobile station transits to the spreading coverage, the burst frame synchronization is easily established.

[0085] More specifically explained, in the case of the third embodiment of the present invention, a mobile station located in an ordinary coverage is provided with allocation of slots other than the slots 112 and 114. When the mobile station transits from the ordinary coverage to a spreading coverage, the mobile station can no longer reproduce information from the conventional OFDM signals. In this case, the inverse spectrum spreading circuit 142 of the receiver apparatus 10b serves to switch the inverse spreading pattern among from a plurality of predetermined patterns to search the inverse spreading pattern, that is identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a, for inverse spreading the received signals and to detect the positions of the slots 112 and 114. The inverse spectrum spreading circuit 142 then retrieves necessary data items from the slots 112 and 114.

[0086] The data items as retrieved are combined to form a burst frame for the TDMA system as illustrated in Fig.3 in which time slots are allocated to the respective channels by timely division for multiplexing. Namely, also for the mobile stations located in the spreading coverage, the burst frame formed by the slots 112 and 114 in combination is composed of a broadcast channel 104 through which common information is broadcasted from a base station to all the mobile stations linked to the base station, a downlink channel 106 through which information items exclusive to the respective mobile stations are transferred from the base station to the individual mobile stations, an uplink channel 108 through which information items are transferred from the respective mobile stations to the base station, and a

random access channel 110 through which a mobile station can transfer a request for allocation of wireless resources to the base station. The respective channel 104, 106, 108 and 110 are composed of a plurality of slots. Namely, individual channels independent from the ordinary coverage are implemented in the spreading coverage in which the wireless resources of the spreading coverage are allocated.

**[0087]** Through the broadcast channel of the spreading coverage, the base station serves to transmit to the mobile stations located in the spreading coverage 100n-1 and 100n information about the number I of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the downlink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals and the number II of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the uplink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals, so that the burst frame synchronization is easily established. Accordingly, once communication is established in spectrum spreading, it is not necessary to repeat the process for searching the inverse spreading pattern, that is identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a, for inverse spreading the received signals and detecting the positions of the slots 112 and 114 even when changing the number I of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the downlink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals and the number II of the slots in the burst frame which are preceding the slots that are located in the uplink channel and allocated to the spectrum spread OFDM signals.

**[0088]** The configuration as described above is effective particularly when it is preferred to minimize the modification of the existing system. However, it is possible to fix the position of the slots 112 at the top of the downlink channel 106 and the position of the slots 114 at the top of the uplink channel 108 for the spectrum spread OFDM signals in order to simplify the control. In this case, there is no longer necessary the process for detecting the positions of the slots 112 and 114 and the process for reporting the numbers I and II of the slots.

**[0089]** In accordance with the third embodiment of the present invention, the coverage of the cell of the base station can be expanded by transmitting spectrum spread OFDM signals in order not to affect the concurrent conventional OFDM transmission.

**[0090]** Also, in accordance with the third embodiment of the present, it is possible to avoid the interference between adjacent cells share an identical frequency by making use of different spectrum spreading signals for different base stations. This is particularly effective when the frequency resources as available are limited.

#### (FOURTH EMBODIMENT)

**[0091]** Next, the fourth embodiment of the present invention will be explained. The fourth embodiment is provided to show examples of the transmitter apparatus and the receiver apparatus in accordance with the first or third embodiment of the present invention, in which adaptive array antennas are used. The intelligent antenna technique is effective to improve the utilization of channels as taught in the above described references, i.e., "Intelligent Antenna Technology", Communications Society Conference Vol.1, TB-5-1, 1999, "Studies of Zone Generation Algorithm in Adaptive Variable Zone Structure System", Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, B-5-204, 1998 and "Studies of Adaptive Variable Zone Structure System Implemented with a Directional Antenna in a Base Station", Communications Society Conference, B-5-81, 1998.

**[0092]** Fig.13 is a block diagram showing the configuration of the antenna system for signal reception in accordance with the fourth embodiment of the present invention. As illustrated in Fig.13, the antenna system for signal reception in accordance with the fourth embodiment is composed of a plurality of antenna elements 116-1, 116-2, 116-3, ... and 116-k, and an antenna control unit 118 for taking control of the antenna elements 116. The antenna control unit 118 is connected to the receiver apparatus 10b. The antenna control unit 118 is composed of a plurality of the weighting units 120-1, 120-2, 120-3, ... and 120-k, an integrating unit 122 for integrating the received signals of the antenna elements 116 respectively as weighted by means of the plurality of the weighting units 120, a weighting control unit 124 for taking control of the plurality of the weighting units 120 and an incoming wave direction estimation unit 126 for estimating the direction of incoming waves on the basis of the received signals of the antenna elements 116.

**[0093]** In the antenna system for signal reception in accordance with the fourth embodiment, the incoming wave direction estimation unit 126 receives the signals as received by the antenna elements 116 respectively, and estimates the direction of the incoming waves to be received on the basis of the reception levels of the respective signals. The estimation is performed in accordance with an incoming wave direction estimation algorithm, e.g., MUSIC, ESPRIT and so forth. The weighting control unit 124 then controls the weights assigned to the respective weighting units 120 on the basis of the result of the estimation. The details of MUSIC is described in "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation", IEEE, Trans., Vol.AP-32, No.3, pp.276-280, Mar. 1986. Also, the details of ESPRIT is described in "ESPRIT-Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques", IEEE, Trans., Vol.AP-37, pp. 984-995, July 1986.

**[0094]** Fig.14 is a block diagram showing the configuration of the antenna system for signal transmission in accordance with the fourth embodiment of the present invention. As illustrated in Fig.14 the antenna system for signal trans-



mission in accordance with the fourth embodiment is composed of a plurality of antenna elements 128-1, 128-2, 128-3, and 128-1, and an antenna control unit 130 for taking control of the antenna elements 128. The antenna control unit 118 is connected to the transmitter apparatus 10a and the receiver apparatus 10b respectively. The antenna control unit 130 is composed of a plurality of weighting units 134-1, 134-2, 134-3, ... and 134-k provided corresponding to the antenna elements 128 respectively, a splitter 136 for splitting the transmission signal as outputted from the transmitter apparatus 10a, a weighting control unit 138 for taking control of the plurality of the weighting units 134 and a plurality of circulators 132-1, 132-2, 132-3, ... and 132-1 provided corresponding to the antenna elements 128 respectively for outputting the transmission signal as weighted by the corresponding weighting units 134 and outputting the received signals as input from the antenna elements 128.

[0095] In the antenna system for signal transmission in accordance with the fourth embodiment of the present invention, the splitter 136 serves to split the transmission signals as generated by the transmitter apparatus 10a, and output the transmission signals as split to the respective weighting units 134. The weighting control unit 138 serves to control the weight factors assigned to the respective weighting units 134 on the basis of the control signals from the receiver apparatus 10b. The receiver apparatus 10b serves to generate the control signals on the basis of the incoming wave direction estimation unit 126 as illustrated in Fig.13. The receiver apparatus 10b controls the weighting control unit 138 in order to direct the beam in the same direction as the incoming waves to be received.

[0096] The base station in accordance with the fourth embodiment of the present invention serves to transmit the spectrum spread OFDM signals to a mobile station remote from the base station. The signal transmission rate of the spectrum spread OFDM signals is lower than that of the conventional OFDM signal. In other words, the coverage of a cell is expanded by lowering the signal transmission rate. Thus, there is a significant advantage with respect to the method of controlling the direction of a beam to a remote mobile station in a position where communication link can be maintained by the antenna gain generated by directing the beam to the mobile station. Namely, in accordance with the fourth embodiment of the present invention, it is possible to obtain necessary information for controlling the direction of a beam to a remote mobile station in a position where communication link can be maintained by the antenna gain generated by directing the beam to the mobile station.

[0097] Furthermore, it is possible to establish communication by means of the conventional OFDM signals once the necessary information indicative of the initial position of the remote mobile station is obtained when the remote mobile station is located in the position where communication link can be maintained by the antenna gain generated by directing the beam to the mobile station. In this case, the weight factors of the adaptive array antenna are calculated on the basis of the conventional OFDM signals rather than the spectrum spread OFDM signals. Namely, in accordance with the fourth embodiment of the present invention, once the communication link is established, it is possible to make use of a conventional technique for controlling the weight factors of an adaptive array antenna.

[0098] More specifically explained with reference to Fig.12, in the case of the fourth embodiment of the present invention, a mobile station located in an ordinary coverage is provided with allocation of slots other than the slots 112 and 114. When the mobile station transits from the ordinary coverage to a spreading coverage, the mobile station can no longer reproduce information from the conventional OFDM signals. The inverse spectrum spreading circuit 142 then initiates searching of the inverse spreading pattern, that is identical to the spreading pattern having been used in the transmitter apparatus 10a by switching the inverse spreading pattern among from a plurality of predetermined patterns for all the slots of the downlink channel 106 and the uplink channel 108 in order to detect the positions of the slots 112 and 114. The inverse spectrum spreading circuit 142 then retrieves necessary data items from the slots 112 and 114. However, in this case, the spectrum spread OFDM signals is not used for the purpose of exchanging user data unlike the third embodiment of the present invention. The spectrum spread OFDM signals is used only for the purpose of detecting the location of the mobile station having transited from the ordinary coverage to the spreading coverage. After completing the detection of the location of the mobile station having transited from the ordinary coverage to the spreading coverage, a beam of the adaptive array antenna is directed to the mobile station. By this process, the received signal level as required for establishing the conventional OFDM communication can be obtained. The mobile station is then capable of transferring a request for allocation of wireless resources to the base station through the random access channel 110 by means of the conventional OFDM signals. The mobile station having transited from the ordinary coverage to the spreading coverage can therefore resume the communication with the base station even in the spreading coverage in the same manner as in the ordinary coverage. After resuming the communication by means of the conventional OFDM, the communication channel through the spectrum spread OFDM signals is released.

[0099] In accordance with the fourth embodiment of the present invention, it is possible to solve the conventional problem of how to determine the initial position of a remote mobile station (the initial position determination) and to improve the utilization of the frequency resources by effectively controlling the weight factors given to an adaptive array antenna in the dynamic zone structure.

[0100] Accordingly, in accordance with the present invention, it is possible to realize a transmitter apparatus and a receiver apparatus in which the variable range of the coverage of a cell in the dynamic cell structure system can be expanded.



[0101] Also, in accordance with the present invention, it is possible to realize a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station provided with these apparatuses, in which the interference between adjacent cells is effectively prevented even in the cell arrangement where the frequency resources as available are limited.

[0102] Furthermore, in accordance with the present invention, it is possible to realize a transmitter apparatus, a receiver apparatus and a base station provided with these apparatuses, in which it is possible to obtain information necessary for taking appropriate control of the antenna in order to direct a beam to the mobile station that is located in a remote position where a communication link can be established only by securing a necessary antenna gain through the adaptive array antenna directed to that mobile station.

[0103] The foregoing description of preferred embodiments has been presented for purposes of illustration and description. It is not intended to be exhaustive or to limit the invention to the precise form described, and obviously many modifications and variations are possible in light of the above teaching. The embodiment was chosen in order to explain most clearly the principles of the invention and its practical application thereby to enable others in the art to utilize most effectively the invention in various embodiments and with various modifications as are suited to the particular use contemplated.

### Claims

1. A transmitter apparatus making use of an orthogonal frequency division multiplexing modulation and a spectrum spreading modulation in combination comprising:

an orthogonal frequency division multiplexing circuit which selectively modulates information signals to be transmitted by orthogonal frequency division multiplexing;  
 a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted; and  
 a transmission signal processing circuit which transfers said information signals which have been modulated by either said orthogonal frequency division multiplexing modulation or said spectrum spreading modulation to a receiver apparatus as a transmission signal,  
 said transmitter apparatus being characterized in that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs the modulation of said information signals to be transmitted while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted, and that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division multiplexing modulation of said information signals to be transmitted while said spectrum spreading circuit performs said spectrum spreading modulation of said information signals to be transmitted.

2. The transmitter apparatus as claimed in claim 1 characterized in that said orthogonal frequency division multiplexing circuit is provided with a serial-to-parallel converter which converts said information signals to be transmitted from a serial data sequence to a parallel data sequence, a modulator which serves to map said parallel data as converted by said serial-to-parallel converter onto symbols in the frequency domain, an inverse fast Fourier transform unit which performs the inverse fast Fourier transformation of said information signals as mapped and a parallel-to-serial converter which converts the output data sequence of the IFFT unit to a serial data sequence.
3. The transmitter apparatus as claimed in any one of claims 1 and 2 characterized in that said spectrum spreading circuit is provided with a spectrum spreading pattern generation circuit which generates a plurality of spectrum spreading patterns for use in said spectrum spreading modulation.
4. The transmitter apparatus as claimed in any one of claims 1 through 3 characterized in that said transmission signal processing circuit is provided with an adaptive array antenna and that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver

apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, the direction of said receiver apparatus relative to said transmitter apparatus is detected by making use of a transmission signal which is modulated by said spectrum spreading modulation, followed by directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station to increase the received signal level of said receiver apparatus and make it possible to perform the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus by orthogonal frequency division multiplexing.

5. A transmitter apparatus making use of orthogonal frequency division multiplexing modulations and a spectrum spreading modulation in combination comprising:

an orthogonal frequency division multiplexing circuit which performs a first orthogonal frequency division multiplexing modulation of information signals to be transmitted;  
a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit; and  
a transmission signal processing circuit which transfers the output of said spectrum spreading circuit to a receiver apparatus as a transmission signal,

said transmitter apparatus being characterized in that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit, and

that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division multiplexing modulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit performs said spectrum spreading modulation of the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit.

6. The transmitter apparatus as claimed in claim 5 characterized in that said orthogonal frequency division multiplexing circuit serves to perform a phase shift keying modulation of said information signals.

7. A transmitter apparatus making use of orthogonal frequency division multiplexing modulations and a spectrum spreading modulation in combination comprising:

a mapping circuit which serves to map information signals to be transmitted onto symbols in the frequency domain suitable for a first orthogonal frequency division multiplexing modulation;  
a spectrum spreading circuit which selectively performs a spectrum spreading modulation of the output of said mapping circuit;

an orthogonal frequency division multiplexing circuit which performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation of the output signal of said spectrum spreading circuit; and  
a transmission signal processing circuit which transfers the output of said orthogonal frequency division multiplexing circuit to a receiver apparatus as a transmission signal,

said transmitter apparatus being characterized in that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit does not perform said spectrum spreading modulation of the output of said mapping circuit, and  
that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between

said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated by said first orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, said orthogonal frequency division multiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division multiplexing modulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division multiplexing modulation while said spectrum spreading circuit performs said spectrum spreading modulation of the output of said mapping circuit.

8. The transmitter apparatus as claimed in claim 7 **characterized in that** said transmission signal processing circuit is provided with an adaptive array antenna and that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are modulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing modulation but not modulated on the basis of said spectrum spreading modulation, the direction of said receiver apparatus relative to said transmitter apparatus is detected by making use of a transmission signal which is modulated by said spectrum spreading modulation, followed by directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station to increase the received signal level of said receiver apparatus and make it possible to perform the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus by said first orthogonal frequency division multiplexing modulations.

9. A receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising:

an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates information signals transmitted from a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus by performing inverse spectrum spreading demodulation of said information signals;

an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which selectively demodulates said information signals; said receiver apparatus being **characterized in that**, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs the demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and

that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

10. The receiver apparatus as claimed in claim 9 **characterized in that** said orthogonal frequency division demultiplexing circuit serves also to perform a phase shift keying demodulation of said information signals as received.

11. A receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising:

an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which demodulates information signals transmitted from a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus on the basis of a first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation;

an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates the output of said orthogonal frequency division demultiplexing circuit by performing inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as demultiplexed; and

a demapping circuit which serves to demap said information signals as inverse spread from symbols in the frequency domain suitable for said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation; said receiver apparatus being **characterized in that**, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient

to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs a second orthogonal frequency division demultiplexing demodulation having a bandwidth which is narrower than that of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

12. A receiver apparatus making use of an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation and an inverse spectrum spreading demodulation in combination comprising:

an orthogonal frequency division demultiplexing circuit which selectively demodulates information signals transmitted from a transmitter apparatus and received by said receiver apparatus by performing an orthogonal frequency division demultiplexing demodulation of said information signals;

an inverse spectrum spreading circuit which selectively demodulates the output of said orthogonal frequency division demultiplexing circuit by performing inverse spectrum spreading demodulation of the information signals as received;

a demapping circuit which serves to selectively demap said information signals as demodulated by said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation from symbols in the frequency domain suitable for said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation;

said receiver apparatus **characterized in that**, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so close to each other that the received signal level of said receiver apparatus is sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said first orthogonal frequency division demultiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said orthogonal frequency division demultiplexing circuit performs the demodulation of information signals as received while said inverse spectrum spreading circuit does not perform said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received, and

that, when said receiver apparatus and said transmitter apparatus are located so remote from each other that the received signal level of said receiver apparatus is not sufficient to maintain the communication between said receiver apparatus and said transmitter apparatus with signals which are demodulated on the basis of said orthogonal frequency division multiplexing demodulation but not demodulated on the basis of said inverse spectrum spreading demodulation, said inverse spectrum spreading circuit performs said inverse spectrum spreading demodulation of said information signals as received while said orthogonal frequency division demultiplexing circuit does not perform said orthogonal frequency division demultiplexing demodulation.

13. The receiver apparatus as claimed in claim 12 **characterized in that** said inverse spectrum spreading circuit is provided with a spectrum spreading pattern generation circuit which generates a plurality of spectrum spreading patterns for use in said inverse spectrum spreading demodulation.

14. The receiver apparatus as claimed in any one of claims 12 and 13 **characterized in that** said orthogonal frequency division demultiplexing circuit is provided with a serial-to-parallel converter which converts the information signals as received from a serial data sequence to a parallel data sequence and a fast Fourier transform unit which performs the fast Fourier transformation of said information signals as converted to said parallel data sequence.

15. The receiver apparatus as claimed in any one of claims 13 through 15 **characterized in that** said inverse spectrum spreading circuit makes use of different spectrum spreading patterns for different transmitter apparatuses.

16. A base station which serves to establish communication with at least one mobile station located in a communication area where said base station is responsible for communication comprising:

a transmitter apparatus capable of transmitting information signals in a first transmission mode which has a first transmission speed and a first gain and transmitting information signals in a second transmission mode which has a second transmission speed which is lower than said first transmission speed and a second gain which is greater than said first gain;

a receiver apparatus capable of receiving a first reception mode which receives information signals having been transmitted in said first transmission mode and receiving a second reception mode which receives information signals having been transmitted in said second transmission mode;

said base station being characterized in that, when said mobile station and said base station are located so close to maintain communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station maintains communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode,

that, when said mobile station and said base station are located too remote to maintain communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station establishes communication between said mobile station and said base station in said second transmission mode and said second reception mode.

17. The base station as claimed in claim 16 characterized in that said base station makes use of said second transmission mode and said second reception mode for communication with a mobile station which is located in an overlapping area between said communication area where said base station is responsible for communication and an adjacent area where an adjacent base station is responsible for communication.

18. The base station as claimed in claim 17 characterized in that said base station and an adjacent base station thereto share the same communication resources for said first transmission mode and said first reception mode respectively and make use of separate communication resources for said second transmission mode and said second reception mode respectively.

19. The base station as claimed in any one of claims 16 through 18 characterized in that said base station is provided with an adaptive array antenna and that, when said mobile station and said base station are located so remote from each other that the received signal level of said base station is not sufficient to maintain the communication between said mobile station and said base station in said first transmission mode and said first reception mode, said base station establishes communication with said mobile station in said second transmission mode and said second reception mode, detects the direction of said mobile station relative to said base station, directing a beam of the adaptive array antenna to said mobile station in order to improve the gain in said first transmission mode and said first reception mode, and then establishing communication with said mobile station in said first transmission mode and said first reception mode.

FIG. 1

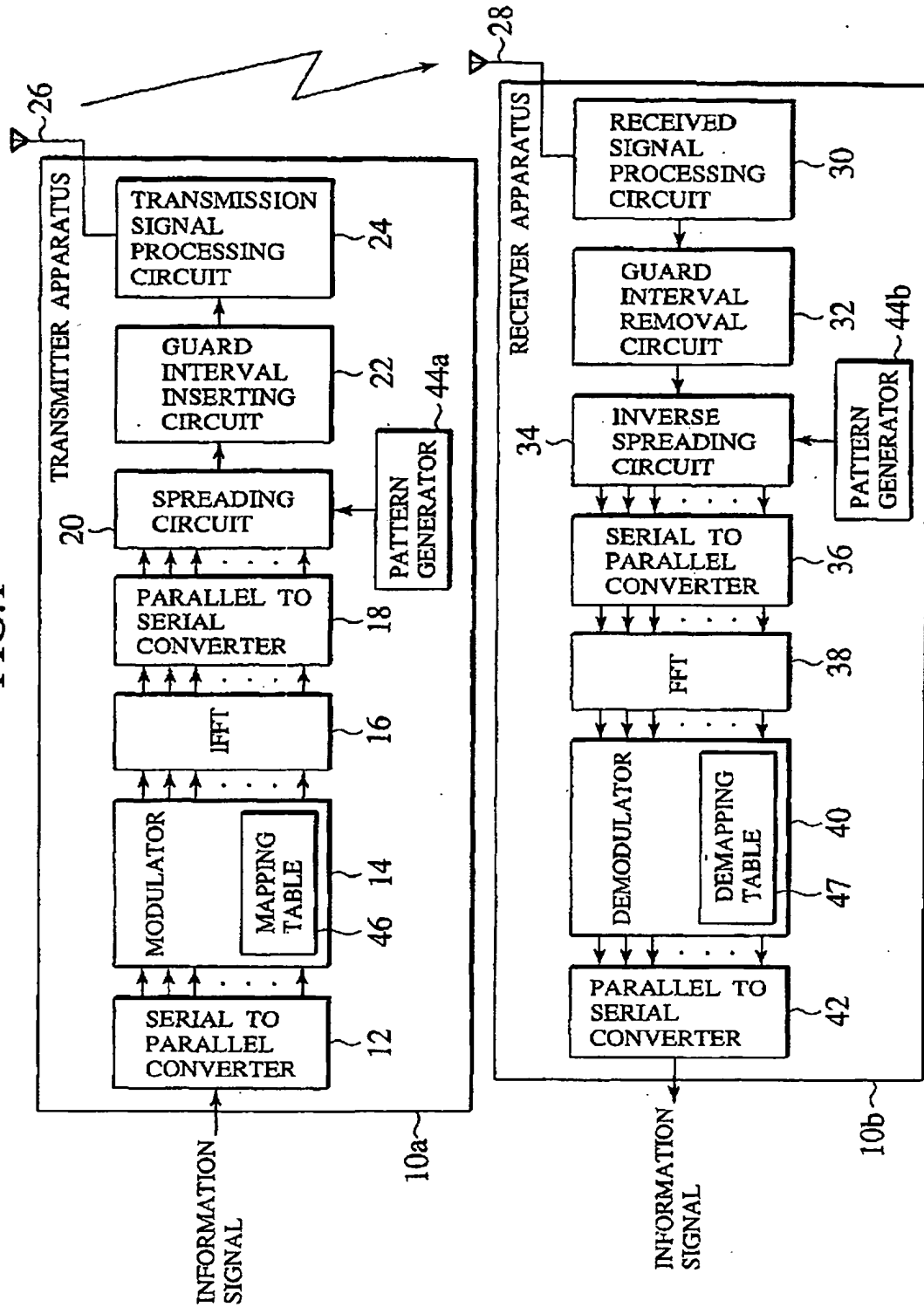


FIG.2

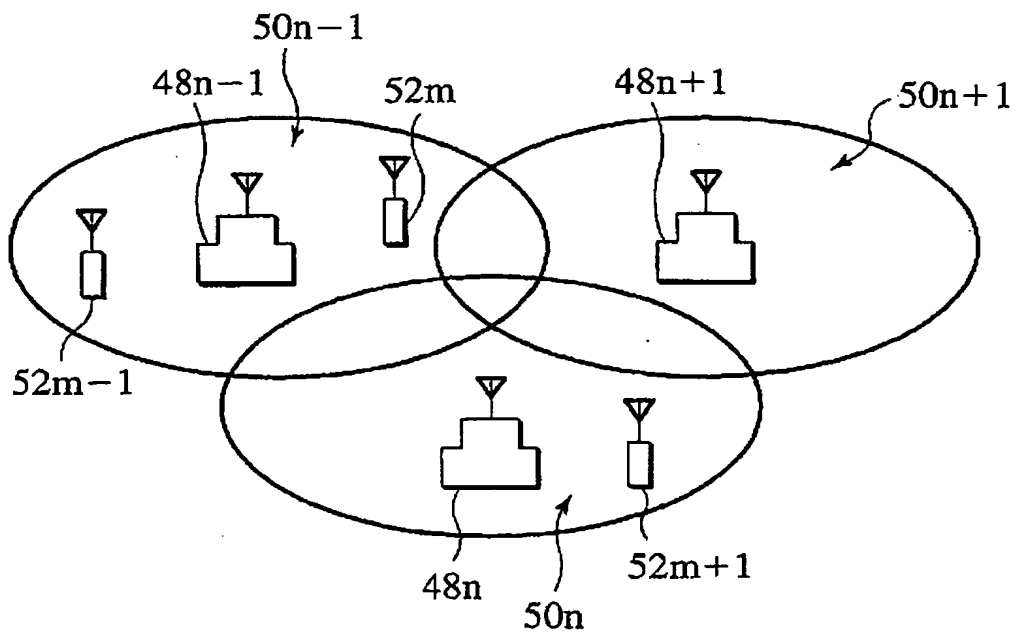


FIG.3

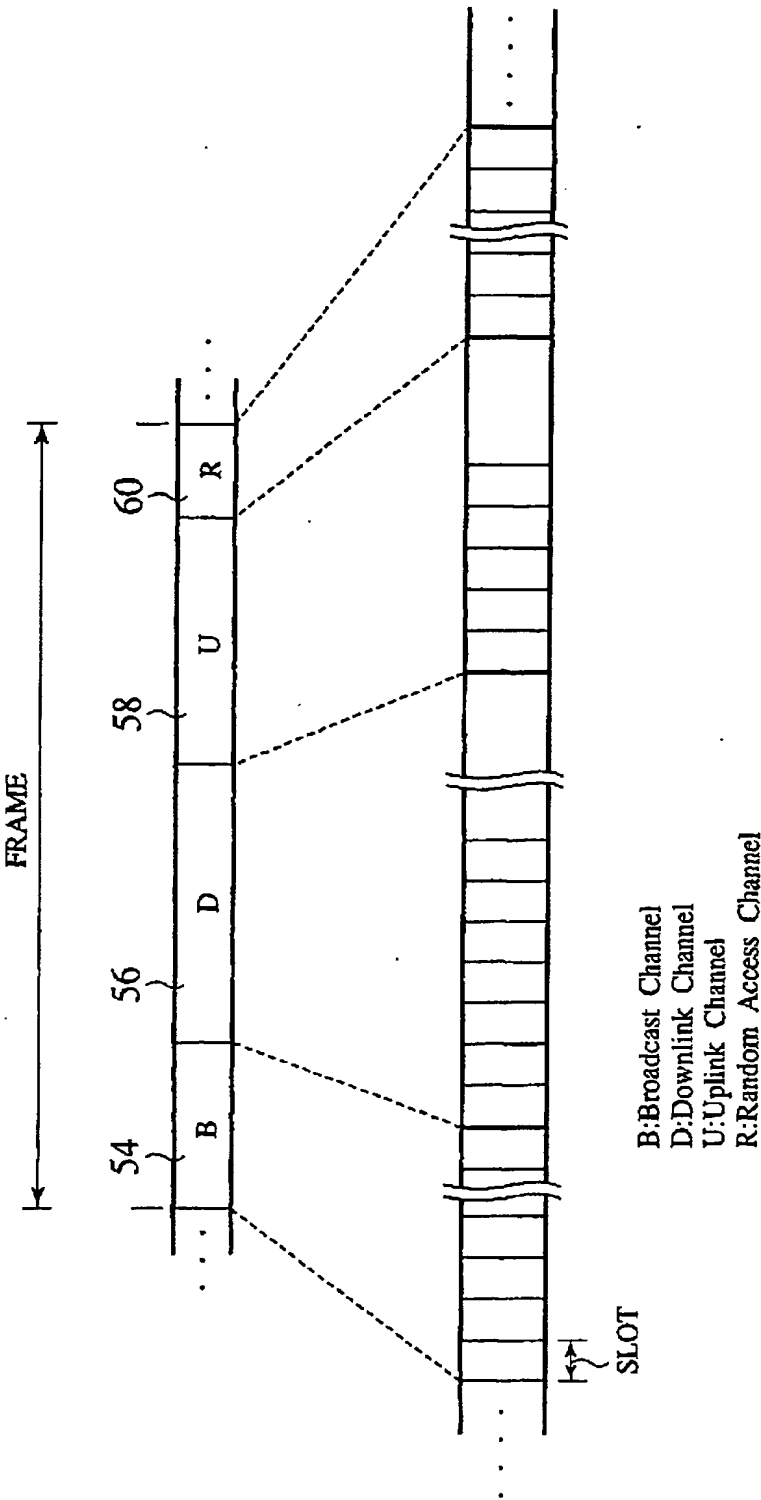




FIG.4

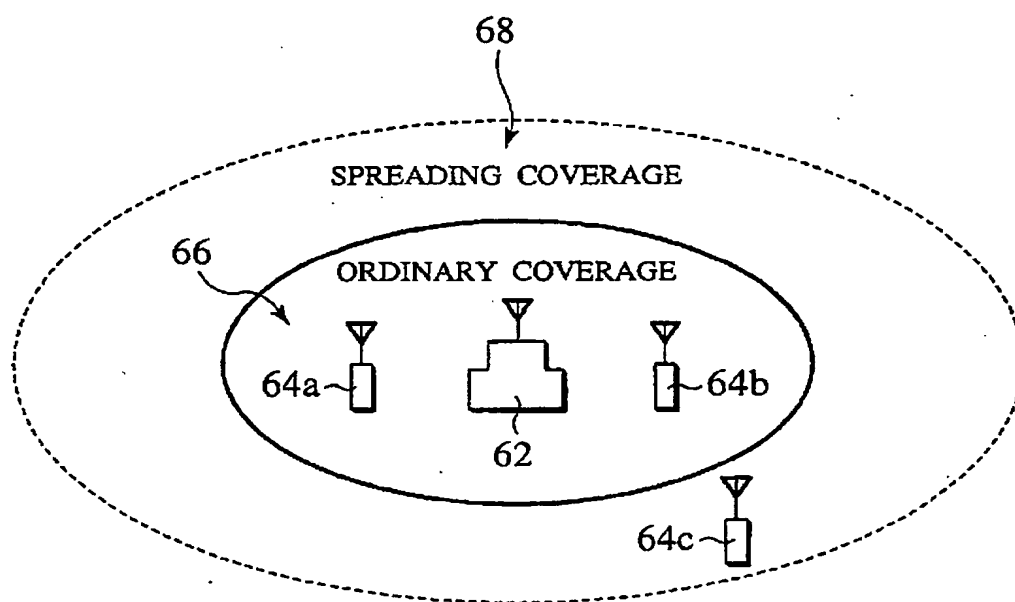


FIG. 5

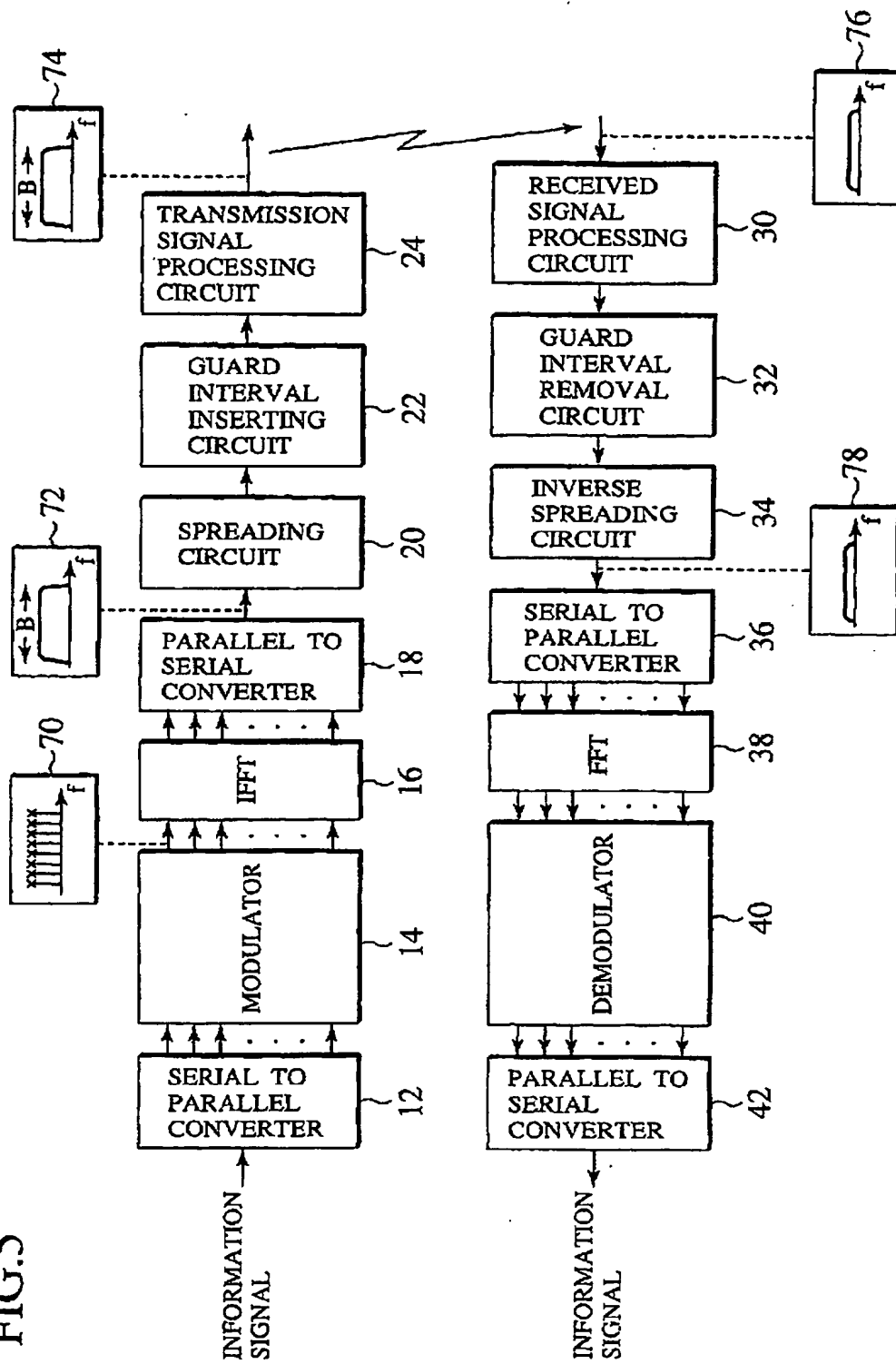


FIG. 6

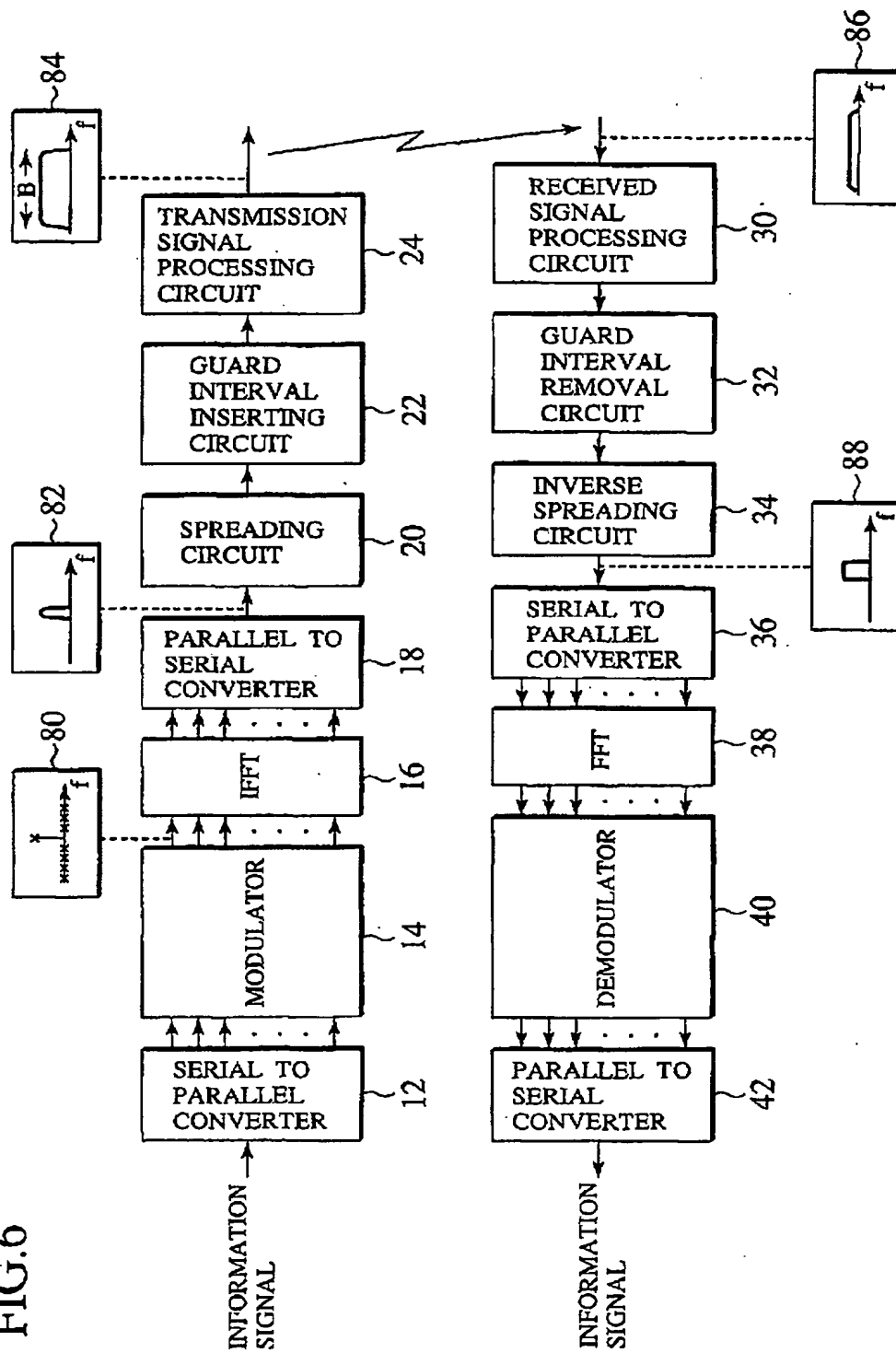
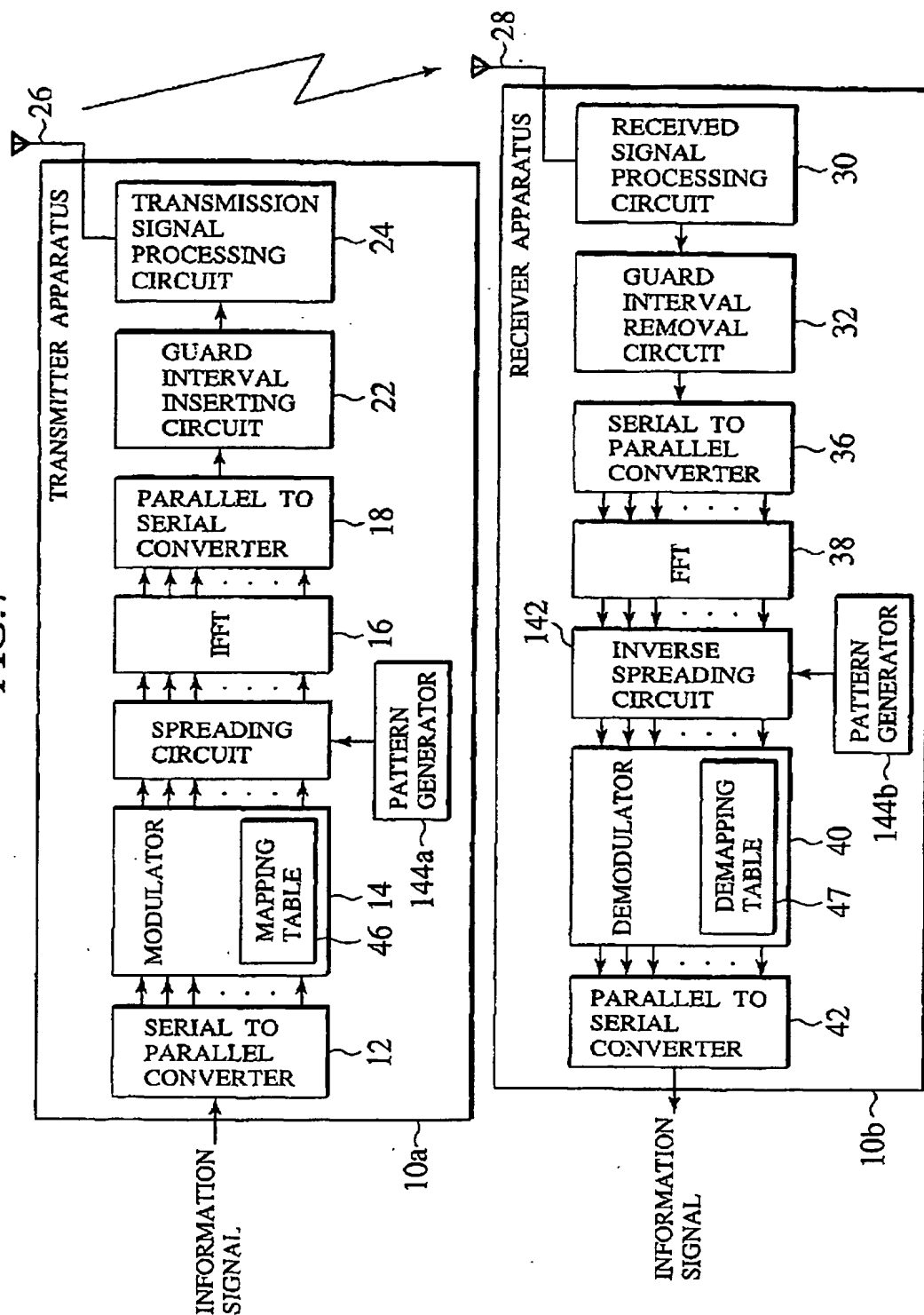
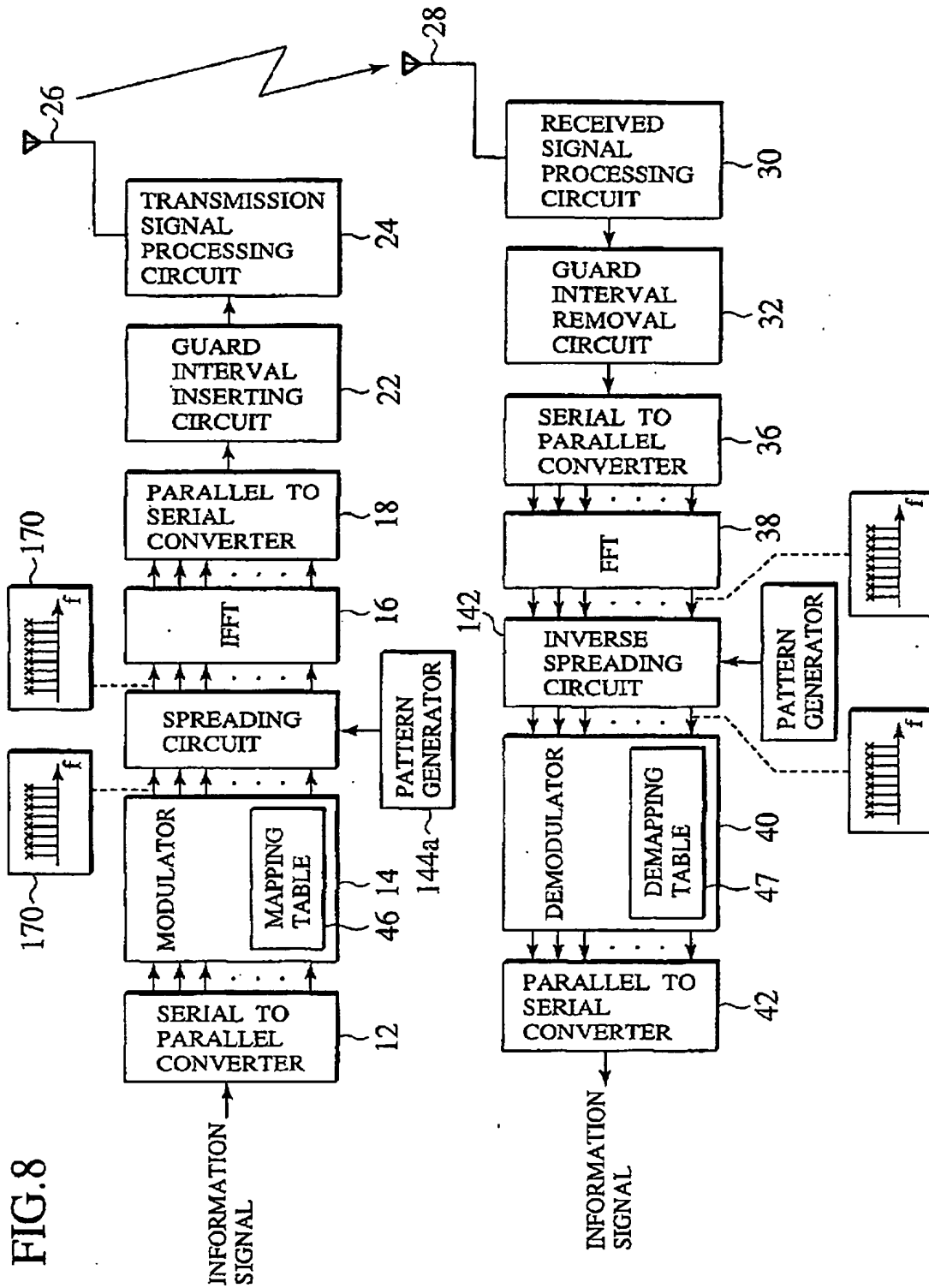


FIG. 7





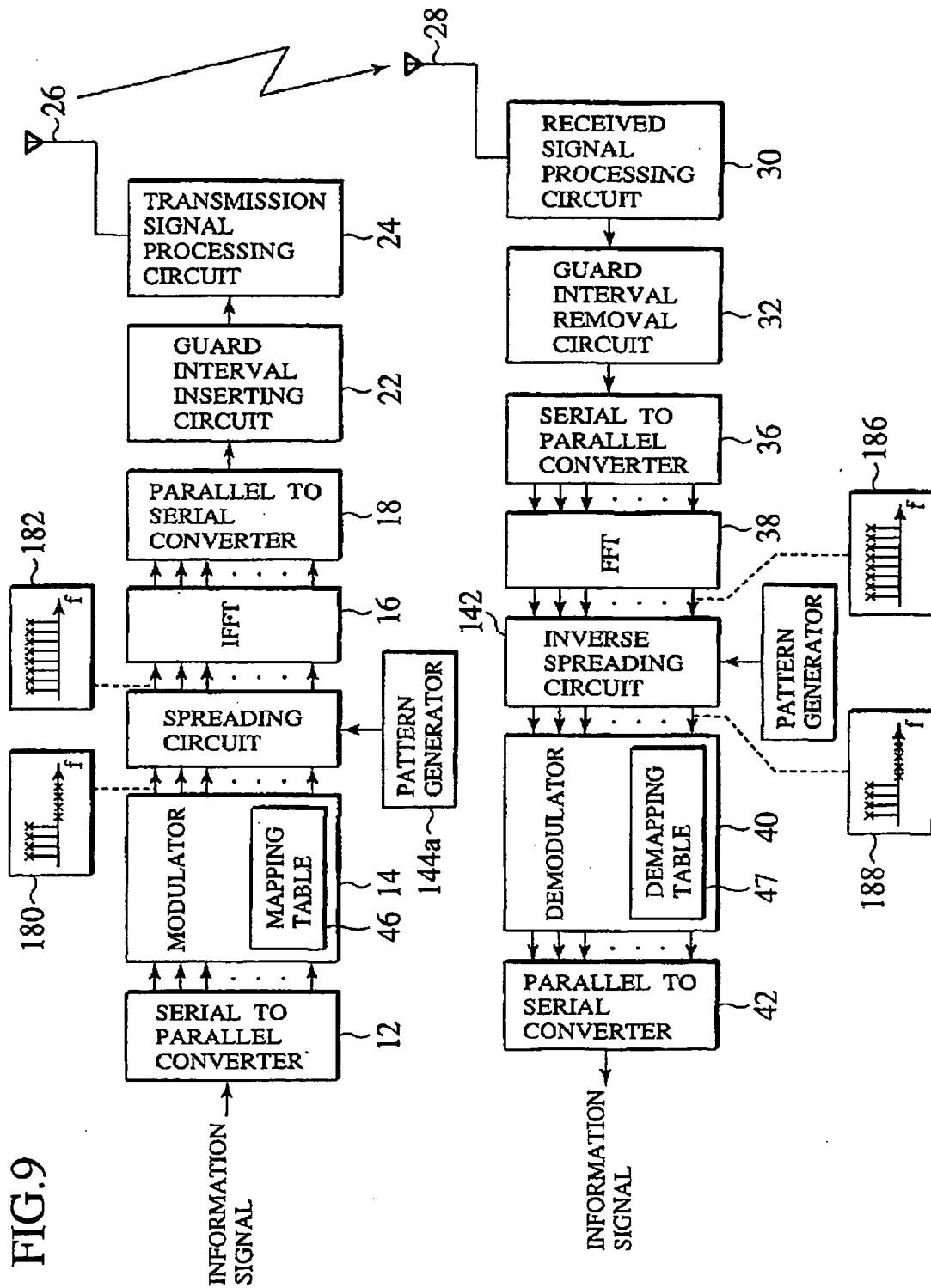


FIG.10

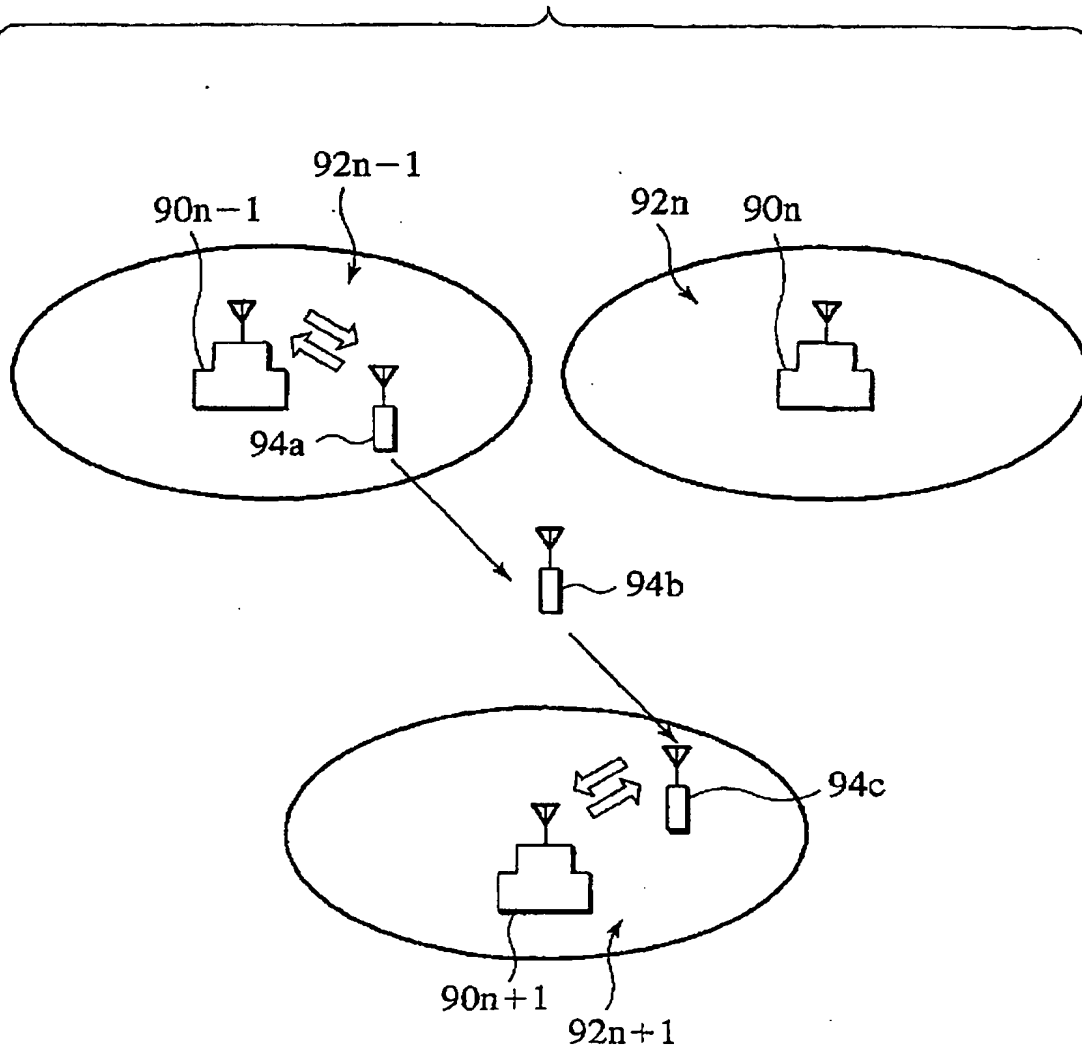


FIG.11

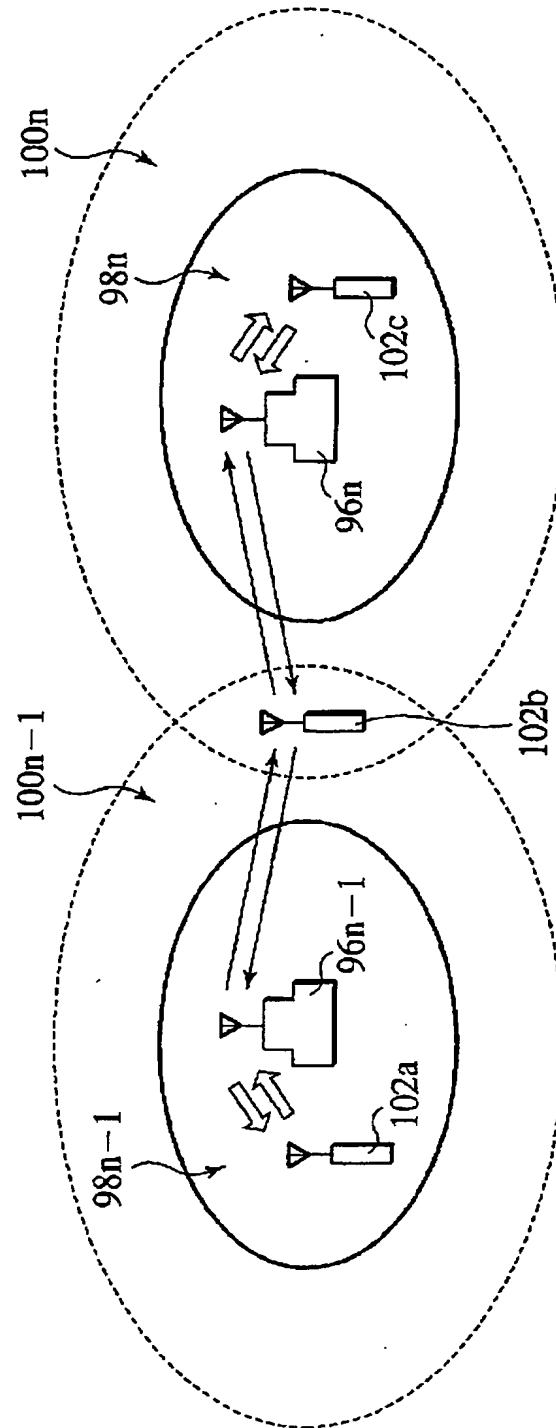




FIG.12

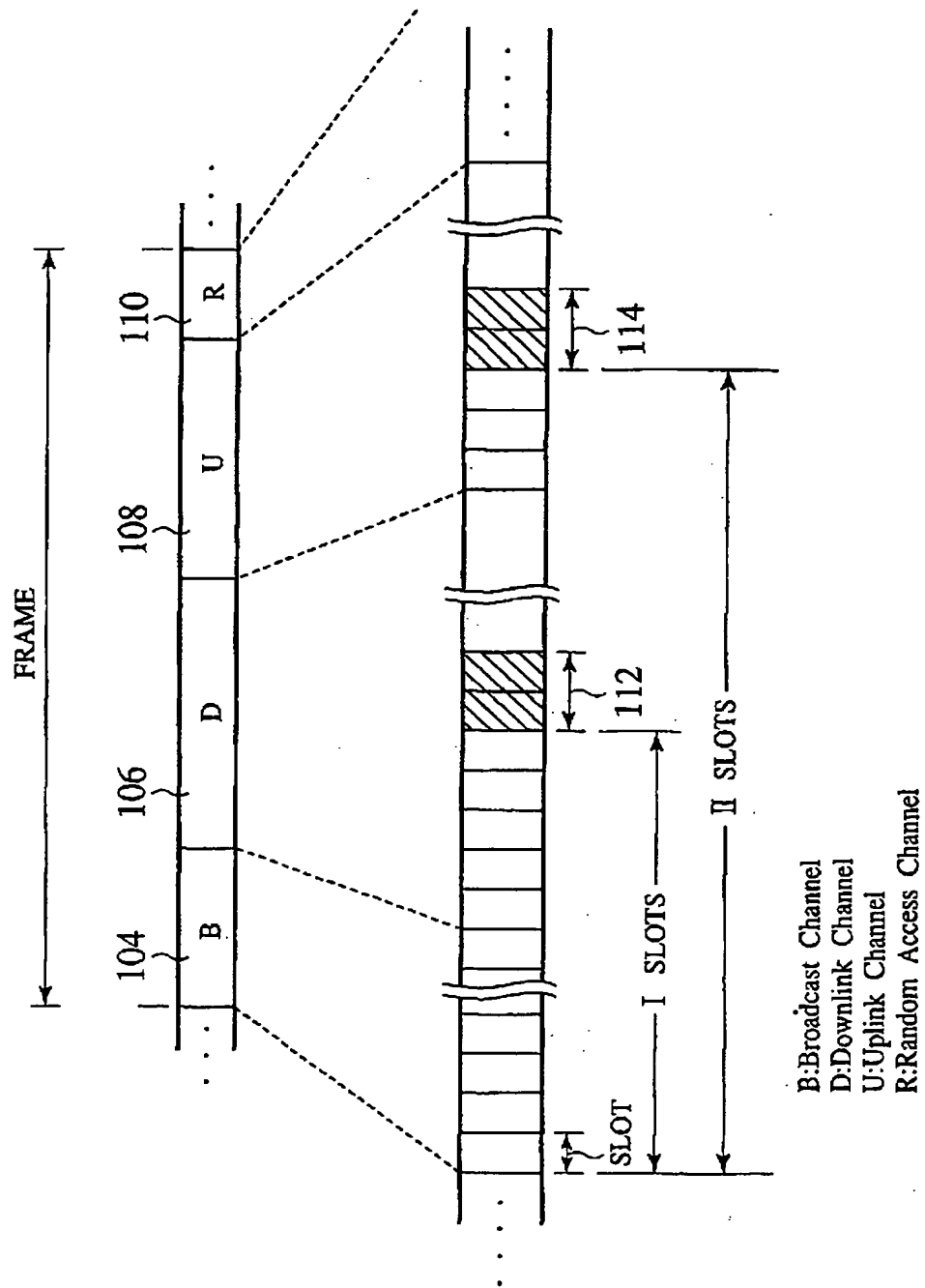


FIG.13

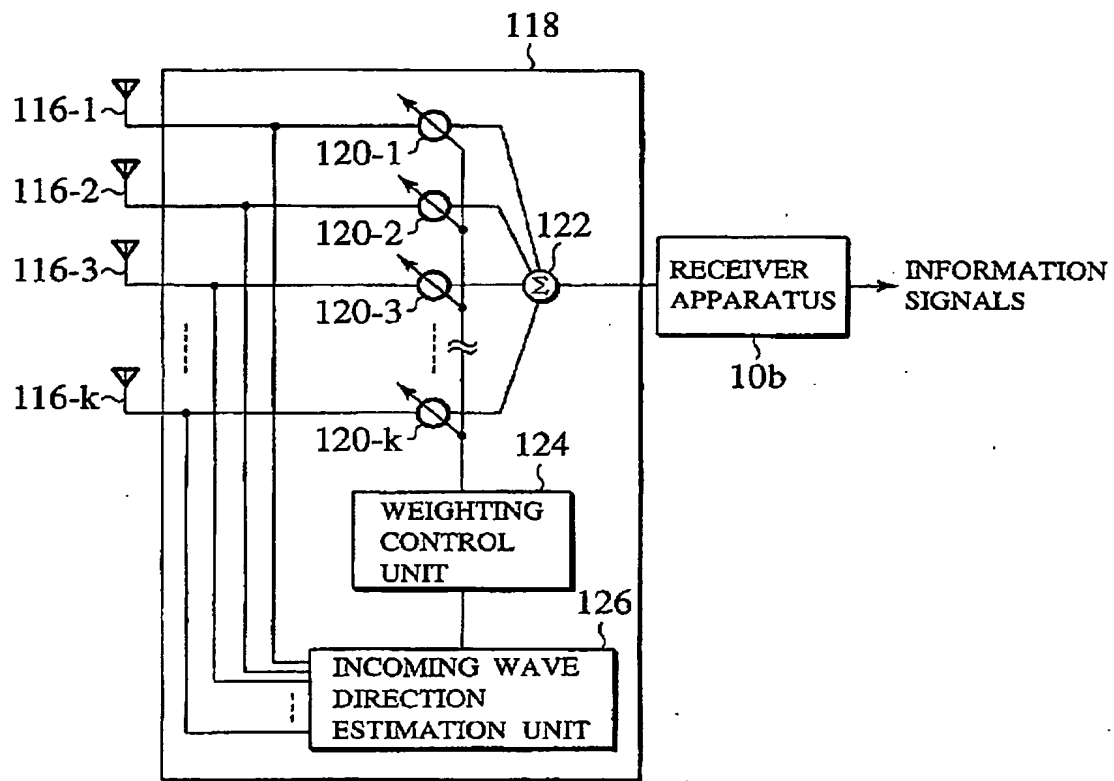
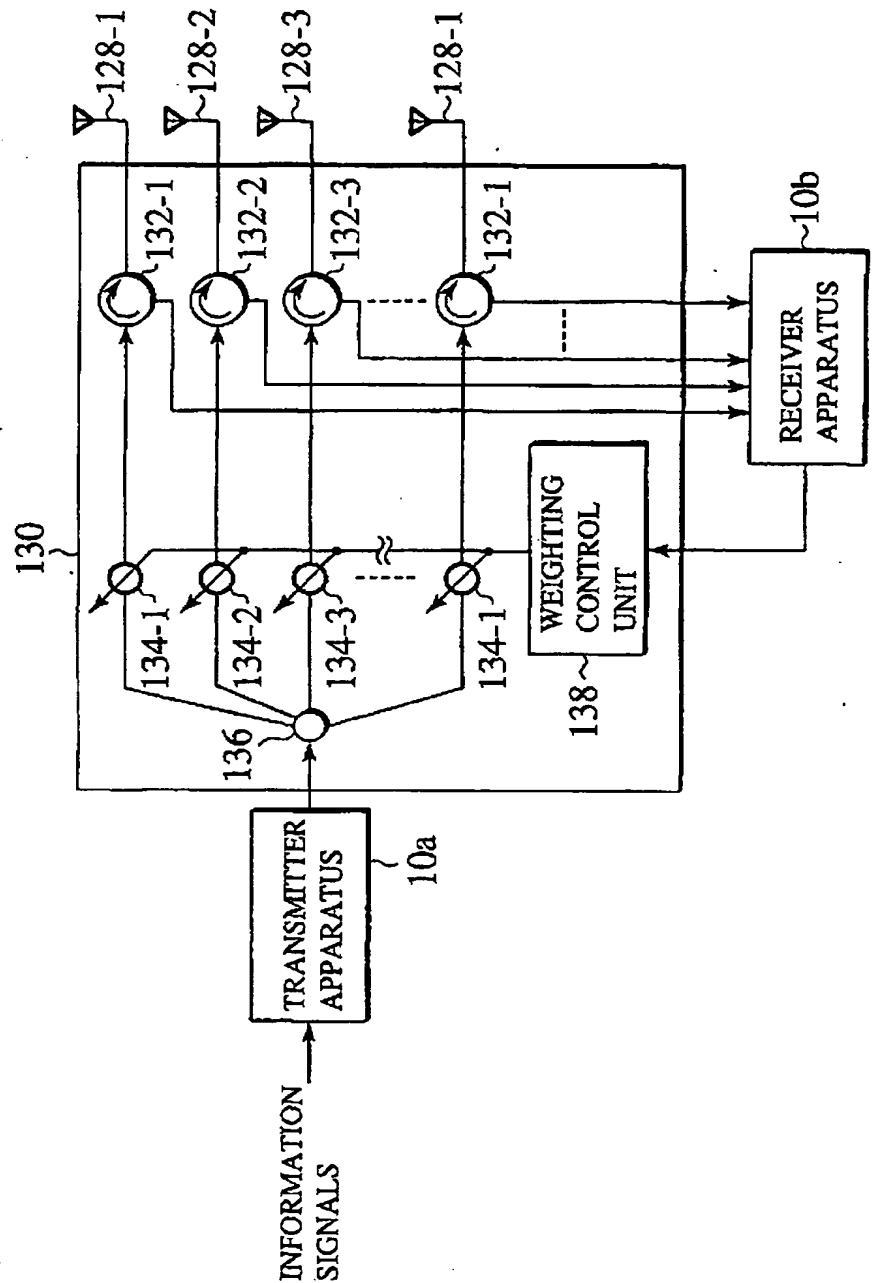


FIG.14



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-320346

(P2001-320346A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル (参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z

H 0 4 Q 7/38

H 0 4 B 7/26

1 0 9 A

H 0 4 J 13/00

H 0 4 J 13/00

A

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-55275 (P2001-55275)

(22) 出願日 平成13年2月28日 (2001. 2. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2000-54028 (P2000-54028)

(32) 優先日 平成12年2月29日 (2000. 2. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 和久津 隆司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100083806

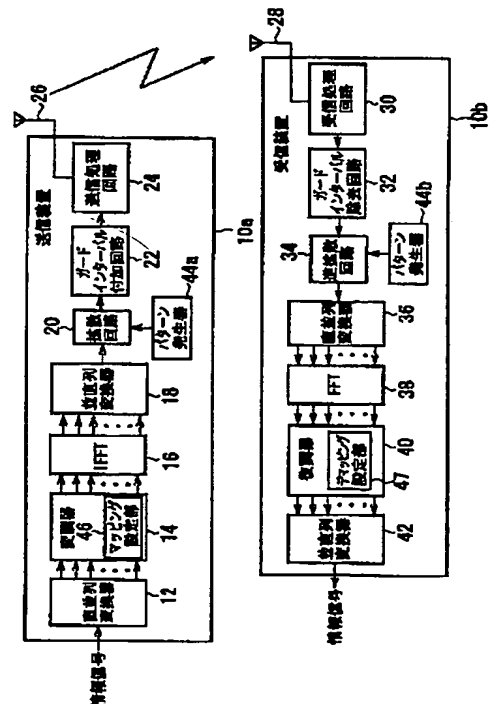
弁理士 三好 秀和 (外7名)

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置、受信装置および基地局

(57) 【要約】

【課題】 直交周波数分割多重変調信号を拡散して送受信することで、伝送距離を拡大する送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を提供する。

【解決手段】 直交周波数分割多重変調信号を拡散する手段を有する送信装置、拡散された直交周波数分割多重変調信号を逆拡散する手段を有する受信装置、およびこの送信装置と受信装置を搭載した基地局である。直交周波数分割多重変調信号を拡散して送受信することで、送信装置と受信装置との間の伝送距離を拡大できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信すべき情報信号に対して選択的に直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、

前記情報信号の出力に対して選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、

前記直交周波数分割多重変調又は前記スペクトル拡散によって変調された前記情報信号を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、

前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記情報信号の前記直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記情報信号をスペクトル拡散を行わず、

前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散が行われず且つ前記直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記直交周波数分割多重変調を行わず且つ前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力のスペクトル拡散を行うことを特徴とする直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 2】 前記情報信号は直列の信号として与えられ、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記情報信号を直列から並列に変換する直並列変換器、前記並列に変換された情報信号を周波数領域のシンボルへマッピングする変調器、前記マッピングされた情報信号を逆高速フーリエ変換する逆高速フーリエ変換器、および前記逆高速フーリエ変換された情報信号を並列から直列に変換する並直列変換器、を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 3】 前記スペクトル拡散回路には、複数のスペクトル拡散信号を発生させるスペクトル拡散信号発生回路が設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 4】 前記送信処理回路はアダプティブアレイアンテナを備え、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記直交周波数分割多重変調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している場合、前記スペクトル拡散回路から出力され、前記スペクトル拡散の行われた送信信号によって、前記送信装置に対する前記受信装置の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナのビームを前記移動局の方向に向けることにより前記受信装置の受信信号レベルを大きくし、前記直交周波数分割多重変調による前記受信装置

と前記送信装置との通信を可能とすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 5】 送信すべき情報信号に対して第 1 の直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、

前記直交周波数分割多重変調回路の出力に対して選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、

前記スペクトル拡散回路の出力を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、

前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第 1 の直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力をスペクトル拡散を行わず、

前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散を行われず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第 1 の直交周波数分割多重変調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第 2 の直交周波数分割多重変調を実行すると共に、前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力のスペクトル拡散を行うことを特徴とする直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 6】 前記直交周波数分割多重変調回路は、前記情報信号の位相変調も行うことを特徴とする請求項 5 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 7】 第 1 の直交周波数分割多重変調の為に送信すべき情報信号を周波数領域のシンボルへマッピングするマッピング回路と、

前記マッピング回路からの出力信号に対して、選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、

前記スペクトル拡散回路からの出力信号に対して、前記第 1 の直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、

前記直交周波数分割多重変調回路の出力を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、

前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第 1 の直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記マッピング回路からの出力信号をスペクトル拡散

を行わず前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散を行われず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第 1 の直交周波数分割多重変調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第 2 の直交周波数分割多重変調を実行すると共に、前記スペクトル拡散回路は前記マッピング回路からの出力信号のスペクトル拡散を行うことを特徴とする直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 8】 前記送信処理回路はアダプティブアレイアンテナを備え、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記直交周波数分割多重変調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している場合、前記スペクトル拡散回路から出力され、前記スペクトル拡散の行われた送信信号によって、前記送信装置に対する前記受信装置の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナのビームを前記移動局の方向に向けることにより前記受信装置の受信信号レベルを大きくし、前記第 1 の直交周波数分割多重変調による前記受信装置と前記送信装置との通信を可能とすることを特徴とする請求項 7 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置。

【請求項 9】 送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して周波数領域に於いて選択的に逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、前記情報信号に対して直交周波数分割多重復調を行う直交周波数分割多重復調回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行わず、且つ前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した前記情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行い、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散が行われず且つ前記直交周波数分割多重復調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行い、且つ前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した前記情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行わないことを特徴とする直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項 10】 前記直交周波数分割多重復調回路は、前記情報信号の位相復調も行うことを特徴とする請求項 9 に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項 11】 送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して第 1 の直交周波数分割多重

調を行う直交周波数分割多重復調回路と、

前記直交周波数分割多重復調回路の出力に対して、選択的に周波数領域で逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、

前記第 1 の直交周波数分割多重復調の為に、逆拡散された信号を周波数領域でデマッピングするデマッピング回路とからなり、

前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重復調が第 1 の帯域幅で行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した情報信号の前記第 1 の直交周波数分割多重復調を行い、且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記受信した情報信号の逆拡散を行わず、

前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記第 1 の直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記第 1 の直交周波数分割多重復調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第 2 の直交周波数分割多重復調を実行し且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重復調回路の出力の逆拡散を行うことを特徴とする直交周波数分割多重復調と逆拡散を併用する受信装置。

【請求項 12】 送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して直交周波数分割多重復調を行う直交周波数分割多重復調回路と、

受信した情報信号に対して、選択的に逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、

前記直交周波数分割多重復調された信号を周波数領域で選択的にデマッピングするデマッピング回路とからなり、

前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行い、且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重復調回路の出力の逆拡散を行わず、

前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記直交周波数分割多重復調を行わず且つ前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行うことを特徴とする直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項 13】 前記逆スペクトル拡散回路は、複数の

スペクトル拡散信号を発生させるスペクトル拡散信号発生回路が設けられていることを特徴とする請求項12に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項14】 前記直交周波数分割多重復調回路は、前記情報信号を直列から並列に変換する直並列変換器、前記並列に変換された情報信号を高速フーリエ変換する高速フーリエ変換器を少なくとも備えていることを特徴とする請求項12又は13に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項15】 前記逆スペクトル拡散回路は、送信装置ごとに、発生させるスペクトル拡散信号を変更することを特徴とする請求項12乃至14に記載された直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する受信装置。

【請求項16】 第1の伝送速度と第1の利得を有する信号を送信する第1の送信モードと、前記第1の伝送速度よりも小さい第2の伝送速度と前記第1の利得よりも大きい第2の利得を有する信号を送信する第2の送信モードとを備えた送信装置と、前記第1の送信モードで送信された信号を受信する第1の受信モードと、前記第2の送信モードで送信された信号を受信する第2の受信モードとを備えた受信装置と備え、前記移動局と前記基地局とが近接位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信が維持される場合には、前記基地局は、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信を行い、前記移動局と前記基地局とが遠隔位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信が維持できない場合には、前記基地局は、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって通信を行うことを特徴とする基地局。

【請求項17】 前記基地局の担当する領域と隣接する同様の構成を持った他の基地局の担当する領域との双方に属する領域では、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって通信が行われることを特徴とする請求項16に記載された基地局。

【請求項18】 前記基地局の前記第1の送信モードと前記第1の受信モードは、隣接する同様の構成を持った他の基地局の前記第1の送信モードと前記第1の受信モードと同一の通信リソースを利用し、前記基地局の前記第2の送信モードと前記第2の受信モードと、隣接する同様の構成を持った他の基地局の前記第2の送信モードと前記第2の受信モードとは、異なる通信リソースを利用することを特徴とする請求項17に記載された基地局。

【請求項19】 前記送信装置はアダプティブアレイアンテナを備え、前記基地局と前記移動局とが遠隔位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードに

よる利得が前記基地局と前記移動局との通信を行うのに不足している場合、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって前記基地局と前記移動局とが通信を行い、前記基地局に対する前記移動局の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナにより前記移動局への送信出力を大きくし、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードの利得を改善し、その後、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによる前記基地局と前記移動局との通信を行うことを特徴とする請求項18に記載された基地局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、直交周波数分割多重復調と逆拡散を併用して無線通信を行なう、送信装置、受信装置、および、これらを搭載した基地局に関する。

【0002】

【従来の技術】無線通信システムの信号伝送速度の高速化に伴い、マルチパス伝送路における耐遅延干渉が重要な事柄となって来ている。この耐遅延干渉を解決する方法として、マルチキャリア伝送方式であるOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) が挙げられる。OFDMは、互いに直交する複数の搬送波（サブキャリア）それぞれを独立に変調して多重する方式であり、マルチパス伝送路における耐遅延干渉特性に優れたものである。また、通常のFDM (Frequency Division Multiplexing) に比べて、はるかに多くの搬送波を詰め込むことが可能であり、周波数効率が非常に高いという有利な効果を有している。OFDMは、欧米日のデジタル放送の伝送方式として採用され、さらに放送だけでなく、次世代の移動通信システムである、HIPER-LAN/2（欧州）、IEEE802.11a（米国）、MMAC（日本）等の無線システム標準においても採用が決定している。

【0003】さて、次世代の無線通信システムでは、数Mbpsから数十Mbpsの高速信号伝送速度のサポートが想定され、1チャネルあたりの占有帯域幅が広く設定されている。このため、従来と比べて周波数利用効率のより一層の向上が必須となって来る。また、利用可能な周波数資源が限られるため、セルラー方式における周波数配置や、セル配置をいかに効率良く行なうかが、技術的な課題となる。

【0004】さらに、次世代の無線通信システムでは、要求されるQoS (Quality of Service、通信のサービス品質) の異なるマルチメディア情報を収容するために、異なる信号伝送速度のサポートが想定されている。異なる信号伝送速度のサポートは、変調方式および符号化率を変化させることで、実現される。以下、異なる信号伝送速度のサポートが可能なシステムを、「マルチレート対応システム」と呼ぶ。マルチレート対応システム

における、信号伝送速度、符号化率、変調方式および受信感度の関係の例を表1に示す。 \* 【0005】 \* 【表1】

表1：信号伝送速度、符号化率、変調方式および受信感度の関係

モード	伝送速度	変 調	符号化率	受信感度
M1	6Mbps	BPSK	1/2	-82dBm
M2	9Mbps	BPSK	3/4	-81dBm
M3	12Mbps	QPSK	1/2	-79dBm
M4	18Mbps	QPSK	3/4	-77dBm
M5	27Mbps	16QAM	9/16	-74dBm
M6	36Mbps	16QAM	3/4	-70dBm
M7	54Mbps	64QAM	3/4	-65dBm

この表に示した例では、7つのモードM1～M7が設定されている。当然のことながら、高速な信号速度による通信を行うためには、無線伝搬環境が良好である必要がある。上記の表に示すように、より速い信号伝送速度の提供を受けるためには（モードM1からモードM7へ）、より高い受信電界強度を確保する必要がある。逆に、信号伝送速度を低下させれば（モードM7からモードM1へ）、所要の受信電界強度は低下する。すなわち、マルチレート対応システムでは、信号伝送速度を変化させることで、1つの基地局からの電波が届く範囲（セル）の大きさ（カバリッジ）を変化させることができる。より具体的には、信号伝送速度を低下させることで、セルのカバリッジを拡大させることが可能である。以下、セルのカバリッジが動的に変化するシステムを、「ダイナミックセル構成システム」と呼ぶ。

【0006】ダイナミックセル構成システムの従来例として、電子情報通信学会1998年通信総合大会講演論文集のB-5-204「適応可変ゾーン構成システムにおけるゾーン生成アルゴリズムの検討」や1998年通信ソサイエティ大会講演論文集のB-5-81「基地局に指向性アンテナを用いた適応可変型ゾーン構成システムの検討」が挙げられる。これらの従来例では、アレーアンテナを用い、適応的にセルのゾーン形状を移動局の分布に応じて変化させることによって、同一周波数繰返し距離の短縮、基地局あたりの移動局数不均一による基地局負荷の軽減を達成する。

【0007】また、ダイナミックセル構成システムの別の従来例として、電子情報通信学会1999年通信ソサイエティ大会講演論文集のB-5-89「マルチレート対応高速無線LANにおけるエリア構成法」が挙げられる。前述した従来例がアレーアンテナを用いたゾーン形状の変更によって、セルのカバリッジを変化させているのに対し、上記のB-5-89に開示された従来例では、ビーコン信号の送信レートの変更によってセルのカバリッジを変化させている。

【0008】ダイナミックセル構成システムにおけるセルのカバリッジの可変範囲は、広ければ広いほど、シス

テムのフレキシビリティが増加する。このため、セルのカバリッジの可変範囲をいかに拡張するかが技術的な課題となる。

【0009】また、セルのカバリッジの拡張に伴って、隣接セルに対する干渉が増加することは避けなければならない。つまり、カバリッジの拡張は、セルラーシステムにおけるセルの配置法と密接に関連する。このことから、ダイナミックゾーン構成において、いかにセルを配置するかという問題がある。

【0010】また、無線通信システムでは、周波数利用効率の向上が求められる。特に、1チャネルあたりの占有帯域幅が広く設定される次世代無線通信システムでは、利用可能な周波数資源が限られるため、周波数利用効率の高いシステム構成が求められる。

【0011】チャネルの利用効率を高める方式としては、インテリジェントアンテナ（スマートアンテナ）が挙げられる。インテリジェントアンテナ技術については、電子情報通信学会「1999年通信ソサイエティ大会講演論文集1」のTB-5-1「インテリジェントアンテナ技術」に概説されている。前述したダイナミックセル構成システムの従来例である「適応可変ゾーン構成システムにおけるゾーン生成アルゴリズムの検討」や「基地局に指向性アンテナを用いた適応可変型ゾーン構成システムの検討」は、インテリジェントアンテナの一応用である。

【0012】OFDMシステムに対して、インテリジェントアンテナ技術を適用した例として、電子情報通信学会1998年通信ソサイエティ大会講演論文集のSB-1-3「マルチキャリア-CMAアダプティブアレーの不要波抑圧特性」が挙げられる。この例では、複数のアンテナ素子で受信した信号のそれぞれは、重み付け装置によって重み付けされ、その後合成器で合成される。合成された信号は、FFTによって周波数領域信号に変換される。重み係数は、各サブキャリアの振幅がすべて等しくなるようにCMA (Constant Modules Algorithm) に基づいて制御される。所望波の受信電力が十分大きい場合には、CMAに基づいた制御法は有効であるこ



とが示されている。

【0013】マルチレート対応システムでは、受信電界強度は、信号伝送速度によって、変化する。そのため、ユーザ毎にセルのカバリッジが異なるようなシステムにおいて、アダプティブアレイアンテナの重みを如何に効率的に制御するかが問題となる。

【0014】また、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって通信距離を確保するようなシステムでは、アンテナのビームが移動局 方向に向いていなければ通信自体が不可能となる。つまり、移動局がサービスエリア内に在圏している場合には、アンテナのビーム制御を実施しなくとも、信号を受信可能であるが、サービスエリア外にいる移動局については、アンテナのビーム制御を実施しなければ、信号を受信できない。アンテナのビーム制御を行うための情報は、受信信号から生成される。したがって、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保されるような基地局から遠い位置に存在する移動局については、アンテナのビーム制御を行うために必要となる情報を得ることができないといった問題がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】このように次世代の無線通信システムでは、数Mbpsから数十Mbpsの信号伝送速度のサポートが想定され、1チャネルあたりの占有帯域幅が広く設定されている。このため、周波数利用効率の向上が必須となる。また、利用可能な周波数資源が限られるため、セルラー方式における周波数配置法、セル配置法が技術的な課題となる。

【0016】さらに、ダイナミックセル構成システムにおけるセルのカバリッジの可変範囲は、広ければ広いほど、システムのフレキシビリティが増加する。このため、セルのカバリッジの可変範囲を如何に拡張するかが技術的な課題となる。また、カバリッジの拡張は、セルラーシステムにおけるセルの配置法と密接に関連する。つまり、セルの拡張に伴って、隣接セルに対する干渉が増加するようであってはならない。このことから、ダイナミックゾーン構成におけるセル配置法が技術的な課題となっている。

【0017】さらに、周波数利用効率の向上のために、アダプティブアンテナを使用するシステムにおいては、アダプティブアレイアンテナの重みを如何に効率的に制御するかが技術的な課題となる。また、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保されるような位置に存在する移動局については、アンテナのビーム制御を行うために必要となる情報を得ることができないといった問題もある。つまり、移動局の初期位置の把握（初期捕捉）をいかに行うかが、技術的な課題となって

いる。

【0018】従って、本発明の目的は、ASICとFPGAを組み合わせることによって、仕様の変更や調整が可能で、しかも十分なパフォーマンスを持った混載集積回路を提供することである。

【0019】又、本発明の他の目的は、ASICとFPGAを組み合わせることによって、FPGAの冗長な部分を効果的に活用することの可能な、新しいタイプの混載集積回路を提供することである。

10 【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記事情に鑑みて成されたものであり、ダイナミックセル構成システムにおけるカバリッジの可変範囲を送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を提供することを目的とする。

【0021】本発明の他の目的は、利用可能な周波数資源が限られたセル配置であっても、隣接するセル間の干渉を防止できる送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を提供することにある。

20 【0022】本発明のさらに他の目的は、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保されるような位置に存在する移動局に対する、アダプティブアンテナのビーム制御を可能とする送信装置、受信装置およびこれらを搭載した基地局を提供することにある。

30 【0023】上記目的を達成するために、本発明の1つの様相によれば、直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置は、送信すべき情報信号に対して選択的に直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、前記情報信号の出力に対して選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、前記直交周波数分割多重変調又は前記スペクトル拡散によって変調された前記情報信号を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記情報信号の前記直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記情報信号をスペクトル拡散を行わず、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散が行われず且つ前記直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記直交周波数分割多重変調を行わず且つ前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力のスペクトル拡散を行う。

40 【0024】又、好適な実施例によれば、前記情報信号は直列の信号として与えられ、前記直交周波数分割多重

変調回路は、前記情報信号を直列から並列に変換する直並列変換器、前記並列に変換された情報信号を周波数領域のシンボルへマッピングする変調器、前記マッピングされた情報信号を逆高速フーリエ変換する逆高速フーリエ変換器、および前記逆高速フーリエ変換された情報信号を並列から直列に変換する並直列変換器、を備えている。

【0025】更に、好適な実施例によれば、前記スペクトル拡散回路には、複数のスペクトル拡散信号を発生させるスペクトル拡散信号発生回路が設けられている。

【0026】更に、好適な実施例によれば、前記送信処理回路はアダプティブアレイアンテナを備え、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記直交周波数分割多重変調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している場合、前記スペクトル拡散回路から出力され、前記スペクトル拡散の行われた送信信号によって、前記送信装置に対する前記受信装置の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナのビームを前記移動局の方向に向けることにより前記受信装置の受信信号レベルを大きくし、前記直交周波数分割多重変調による前記受信装置と前記送信装置との通信を可能とする。

【0027】又、本発明の別の様相によれば、直交周波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置は、送信すべき情報信号に対して第1の直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、前記直交周波数分割多重変調回路の出力に対して選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、前記スペクトル拡散回路の出力を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記第1の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第1の直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力をスペクトル拡散を行わず、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散を行われず且つ前記第1の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第1の直交周波数分割多重変調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第2の直交周波数分割多重変調を実行すると共に、前記スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重変調回路の出力のスペクトル拡散を行う。

【0028】又、好適な実施例によれば、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記情報信号の位相変調も行う。

【0029】更に、本発明の別の様相によれば、直交周

波数分割多重変調とスペクトル拡散を併用する送信装置は、第1の直交周波数分割多重変調の為に送信すべき情報信号を周波数領域のシンボルへマッピングするマッピング回路と、前記マッピング回路からの出力信号に対して、選択的にスペクトル拡散を行うスペクトル拡散回路と、前記スペクトル拡散回路からの出力信号に対して、前記第1の直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路と、前記直交周波数分割多重変調回路の出力を送信信号として、受信装置に送信する送信処理回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記スペクトル拡散を行わず且つ前記第1の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第1の直交周波数分割多重変調を行い、前記スペクトル拡散回路は前記マッピング回路からの出力信号をスペクトル拡散を行わず前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記スペクトル拡散を行われず且つ前記第1の直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重変調回路は、前記第1の直交周波数分割多重変調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第2の直交周波数分割多重変調を実行すると共に、前記スペクトル拡散回路は前記マッピング回路からの出力信号のスペクトル拡散を行う。

【0030】又、好適な実施例によれば、前記送信処理回路はアダプティブアレイアンテナを備え、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記直交周波数分割多重変調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している場合、前記スペクトル拡散回路から出力され、前記スペクトル拡散の行われた送信信号によって、前記送信装置に対する前記受信装置の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナのビームを前記移動局の方向に向けることにより前記受信装置の受信信号レベルを大きくし、前記第1の直交周波数分割多重変調による前記受信装置と前記送信装置との通信を可能とする。

【0031】更に、本発明の別の様相によれば、直交周波数分割多重変調と逆拡散を併用する受信装置は、送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して周波数領域に於いて選択的に逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、前記情報信号に対して直交周波数分割多重変調を行う直交周波数分割多重変調回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重変調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行わず、且つ前記直交周波数分割多重変調回路は、受信した

前記情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行い、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散が行われず且つ前記直交周波数分割多重復調による利得が前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行い、且つ前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した前記情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行わない。

【0032】又、好適な実施例によれば、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記情報信号の位相復調も行う。

【0033】更に、本発明の別の様相によれば、直交周波数分割多重復調と逆拡散を併用する受信装置は、送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して第1の直交周波数分割多重復調を行う直交周波数分割多重復調回路と、前記直交周波数分割多重復調回路の出力に対して、選択的に周波数領域で逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、前記第1の直交周波数分割多重復調の為に、逆拡散された信号を周波数領域でデマッピングするデマッピング回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記第1の直交周波数分割多重復調が第1の帯域幅で行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した情報信号の前記第1の直交周波数分割多重復調を行い、且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記受信した情報信号の逆拡散を行わず、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記第1の直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記第1の直交周波数分割多重復調の帯域幅よりも狭い帯域幅を持つ第2の直交周波数分割多重復調を実行し且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記直交周波数分割多重復調回路の出力の逆拡散を行う。

【0034】更に、本発明の別の様相によれば、直交周波数分割多重復調と逆拡散を併用する受信装置は、送信装置から発信され前記受信装置で受信した情報信号に対して直交周波数分割多重復調を行う直交周波数分割多重復調回路と、受信した情報信号に対して、選択的に逆拡散を行う逆スペクトル拡散回路と、前記直交周波数分割多重復調された信号を周波数領域で選択的にデマッピングするデマッピング回路とからなり、前記受信装置と前記送信装置とが近接位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに十分である時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、受信した情報信号の前記直交周波数分割多重復調を行い、且つ前記逆スペクトル拡散回路は前記直交周

波数分割多重復調回路の出力の逆拡散を行わず、前記受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、前記逆拡散を行わず且つ前記直交周波数分割多重復調が行われた場合の受信信号レベルが、前記受信装置と前記送信装置との通信を行うのに不足している時には、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記直交周波数分割多重復調を行わず且つ前記逆スペクトル拡散回路は受信した情報信号の逆拡散を行う。

【0035】又、好適な実施例によれば、前記逆スペクトル拡散回路は、複数のスペクトル拡散信号を発生させるスペクトル拡散信号発生回路が設けられている。

【0036】更に、好適な実施例によれば、前記直交周波数分割多重復調回路は、前記情報信号を直列から並列に変換する直並列変換器、前記並列に変換された情報信号を高速フーリエ変換する高速フーリエ変換器を少なくとも備えている。

【0037】更に、好適な実施例によれば、前記逆スペクトル拡散回路は、送信装置ごとに、発生させるスペクトル拡散信号を変更する。

【0038】更に、本発明の別の様相によれば、直交周波数分割多重復調とスペクトル拡散を併用して、担当する領域内の、少なくとも1つの移動局と通信する基地局は、第1の伝送速度と第1の利得を有する信号を送信する第1の送信モードと、前記第1の伝送速度よりも小さい第2の伝送速度と前記第1の利得よりも大きい第2の利得を有する信号を送信する第2の送信モードとを備えた送信装置と、前記第1の送信モードで送信された信号を受信する第1の受信モードと、前記第2の送信モードで送信された信号を受信する第2の受信モードとを備えた受信装置とを備え、前記移動局と前記基地局とが近接位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信が維持される場合には、前記基地局は、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信を行い、前記移動局と前記基地局とが遠隔位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによって通信が維持できない場合には、前記基地局は、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって通信を行う。

【0039】又、好適な実施例によれば、前記基地局の担当する領域と隣接する同様の構成を持った他の基地局の担当する領域との双方に属する領域では、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって通信が行われる。

【0040】更に、好適な実施例によれば、前記基地局の前記第1の送信モードと前記第1の受信モードは、隣接する同様の構成を持った他の基地局の前記第1の送信モードと前記第1の受信モードと同一の通信リソースを利用し、前記基地局の前記第2の送信モードと前記第2の受信モードと、隣接する同様の構成を持った他の基地局の前記第2の送信モードと前記第2の受信モードと

は、異なる通信リソースを利用する。

【0041】更に、好適な実施例によれば、前記送信装置はアダプティブアレイアンテナを備え、前記基地局と前記移動局とが遠隔位置にあり、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによる利得が前記基地局と前記移動局との通信を行うのに不足している場合、前記第2の送信モードと前記第2の受信モードによって前記基地局と前記移動局とが通信を行い、前記基地局に対する前記移動局の方向を検出し、前記アダプティブアレイアンテナにより前記移動局への送信出力を大きくし、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードの利得を改善し、その後、前記第1の送信モードと前記第1の受信モードによる前記基地局と前記移動局との通信を行う。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には同一または類似の符号が付してある。

【0043】（第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施の形態に係る送信装置および受信装置の構成を示すブロック図である。本発明の第1の実施の形態に係る送信装置および受信装置は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調方式を用いて無線通信を行なうものである。

【0044】図1に示すように、本発明の第1の実施の形態に係る送信装置10aは、送信される情報信号（データストリーム）をシリアル列からパラレル列に変換する直並列変換器12と、直並列変換器12から出力されたパラレルデータを周波数領域でマッピングする変調器14と、変調器14から出力された周波数領域信号を時間領域信号に変換するIFFT (Inverse Fast Fourier Transform、逆高速フーリエ変換) 処理器16と、IFFT処理器16の出力系列をパラレル列からシリアル列に変換する並直列変換器18と、並直列変換器18の出力信号に対してスペクトル拡散を行なうスペクトル拡散回路20と、スペクトル拡散回路20の出力信号に、マルチパス干渉を防ぐための時間的なギャップであるガードインターバルを付加するガードインターバル付加回路22と、ガードインターバル付加回路22の出力信号を無線信号として送信するための処理を行う送信処理回路24と、送信処理回路24の出力信号を電波として放射するアンテナ26と、を少なくとも備える。ここで、送信処理回路24は、入力信号に対して、デジタル信号からアナログ信号への変換や、周波数の所定の無線周波数への変換、信号電力の所定の信号電力への増幅、等を実行する。

【0045】さらに、この第1の実施の形態に係る送信装置10aは、スペクトル拡散回路20に備えられ、スペクトル拡散回路20がスペクトル拡散を行なう際に、並直列変換器18の出力信号に対して乗算されるスペク

トル拡散信号（パターン）を発生させるパターン発生回路44aと、変調器14に備えられ、スペクトル拡散回路20がスペクトル拡散を行なう際に、直並列変換器12から出力されたパラレルデータのうち、マッピングする数を設定するマッピング設定部46と、有している。また、図示はしないが、送信回路10aは、スペクトル拡散回路20にスペクトル拡散を実行させるか否かを制御する制御回路、を具備している。この制御回路は、スペクトル拡散回路20に所定の制御信号を出力し、その制御信号によって、スペクトル拡散回路20のスペクトル拡散処理を制御する。

【0046】一方、本発明の第1の実施の形態に係る受信装置10bは、送信装置10aから放射された電波を受信するアンテナ28と、受信された無線信号をベースバンド帯域に変換するまでの処理を行う受信処理回路30と、復調信号から得られるタイミング情報に応じてガードインターバルの除法を行うガードインターバル除去回路32と、ガードインターバル除去回路32の出力信号に対して逆スペクトル拡散を行なう逆スペクトル拡散回路34と、逆スペクトル拡散回路34の出力信号をシリアル列からパラレル列に変換する直並列変換器36と、直並列変換器36から出力されたパラレルデータを時間領域信号から周波数領域信号に変換するFFT (Fast Fourier Transform、高速フーリエ変換) 処理器38と、FFT処理器38から出力された周波数信号を周波数領域においてデマッピングする復調器40と、復調器40の出力信号をパラレル列からシリアル列に変換する並直列変換器42と、を少なくとも備える。

【0047】さらに、この第1の実施の形態に係る受信装置10bは、逆スペクトル拡散回路34に備えられ、逆解散回路34が逆スペクトル拡散を行なう際に、送信装置10aのスペクトル拡散回路20が用いたパターンと同一のパターンを発生させるパターン発生回路44bと、復調器40に備えられ、送信装置10aのマッピング設定部46で設定されたマッピングの数と同じデマッピングの数を設定するデマッピング設定部47と、を有している。また、図示はしないが、上記の送信装置10aと同様に、受信回路10bは、逆スペクトル拡散回路34に逆スペクトル拡散を実行させるか否かを制御する制御回路、を具備している。この制御回路は、逆スペクトル拡散回路34に所定の制御信号を出力し、その制御信号によって、逆スペクトル拡散回路34の逆スペクトル拡散処理を制御する。

【0048】次に、本発明の第1の実施の形態に係るセル構成およびバーストフレーム構成について説明する。まず最初に、一般的なセルラー方式のセル構成およびバーストフレーム構成について説明する。図2に、一般的なセルラー方式のセル構成の例を示す。図2に示すように、一般的なセルラー方式では、サービスエリア内に、複数の基地局48n-1, 48n, 48n+1が配置さ

れ、各基地局  $48n-1$ ,  $48n$ ,  $48n+1$  からの電波が届く範囲(セル)  $50n-1$ ,  $50n$ ,  $50n+1$  がサービスエリアを覆っている。基地局  $48n-1$ ,  $48n$ ,  $48n+1$  は、それぞれのセル  $50n-1$ ,  $50n$ ,  $50n+1$  内の無線周波数等のリソースの管理を行う。さらにサービスエリア内には、複数の移動局  $52m-1$ ,  $52m$ ,  $52m+1$  が存在する。各基地局  $48m-1$ ,  $48m$ ,  $48m+1$  および各移動局  $52m-1$ ,  $52m$ ,  $52m+1$  は、一般的な送信装置および受信装置を備える。

【0049】このように、基地局  $48n-1$ ,  $48n$ ,  $48n+1$  および移動局  $52n-1$ ,  $52n$ ,  $52n+1$  に対して使用する無線リソースが割り当てられるシステム構成を採る方式を、一般に、「セルラー方式」と呼ぶ。この通信システムで送受信される信号のタイミングは、その通信システムで採用されるチャネル割り当て方式に依存する。

【0050】図3に、時分割多重されたスロットを割り当てるTDMA方式のバーストフレーム構成の例を示す。図3では、横軸は時間を示している。図3のバーストフレームは、基地局からすべての移動局に対しての送信に使われる報知チャネル54、基地局から特定の移動局への送信に使われる下りチャネル56、移動局から基地局への送信に使われる上りチャネル58、移動局から基地局への無線リソース割り当て要求のために使われるランダムアクセスチャネル60と、で構成される。各チャネル54, 56, 58, 60それぞれは、複数のスロットから成る。

【0051】サービスエリア内に存在する移動局は、基地局より割り当てられた下りチャネル56および上りチャネル58の特定のスロットを用いて、基地局との間で通信を行う。従来のセルラー方式では、基地局と移動局との間の通信において使用される変調方式および信号伝送速度は、あらかじめ定められている場合が多い。たとえばPHSシステムでは、変調方式は $\pi/4$ シフトQPSK、信号伝送速度は32kbps、と定められている。これに対し、マルチメディア情報の収容を目指した次世代の無線通信システムでは、異なるQoSに対応するため、異なる信号伝送速度のユーザの収容が可能ないように設計されている。具体的には、変調方式および符号化率を変化させることで、複数の信号伝送速度の異なるユーザの収容を実現している。すなわち、次世代の無線通信システムでは、マルチレート対応システムが採用される。

【0052】マルチレート対応システムは、異なる信号伝送速度のユーザを収容できるため、マルチメディア情報の収容に適している。また、無線伝搬環境に応じて信号伝送速度を設定できるため、周波数利用効率の向上を図ることができる。さらに、信号伝送速度を変化させることで、セルのカバリッジを変化させることができる。

ダイナミックセル構成システムにおけるセルのカバリッジの可変範囲が大きくなるほど、システムのフレキシビリティが増加する。このため、従来技術で述べたように、セルのカバリッジの可変範囲をいかに拡張するかが技術的な課題である。

【0053】次に、図4を用いて、本発明の第1の実施の形態に係る基地局におけるセルの構成について説明する。図4は、本発明の第1の実施の形態に係る基地局のセルのカバリッジを説明する図である。図4に示すように、本発明の第1の実施の形態に係る基地局62は、セルのカバリッジとして、通常カバリッジ66と、拡散カバリッジ68と、を有している。通常カバリッジ66は、基地局62が従来のOFDM伝送を行う場合のセルのカバリッジであり、通常カバリッジ66内に在る移動局64a, 64bは、従来のOFDM伝送を行うことができる。さらに、本発明の第1の実施の形態に係る基地局62は、従来のOFDM伝送を行う場合のカバリッジ66の外部に拡散カバリッジ78を有しており、拡散カバリッジ68内に存在する移動局64cとの無線通信も可能となる。

【0054】図1に示したように、本発明の第1の実施の形態に係る送信装置10aは、並直列変換器18とガードインターバル付加回路22との間にスペクトル拡散回路20を有し、受信装置10bは、ガードインターバル除去回路32と直並列変換器36との間に逆スペクトル拡散回路34を、それぞれ有している。送信装置10aのスペクトル拡散回路20は、送信信号に、パターン発生回路44aが発生させるパターンを乗算し、送信信号を拡散する。また、スペクトル拡散回路34は、スペクトル拡散された受信信号に、パターン発生回路44bが発生させるパターンを乗算し、スペクトル拡散された受信信号を逆拡散する。スペクトル拡散回路20によって乗算されるパターンと逆スペクトル拡散回路34によって乗算されるパターンとは同一である。

【0055】図5および図6は、図1の送信装置10aおよび受信装置10b内における信号の流れを説明する図であり、図5はスペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行わない場合、図6はスペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なう場合、を示している。スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行わない場合とは、受信装置と送信装置とが近接位置にあり、スペクトル拡散を行わず且つ直交周波数分割多重変調が行われた場合の利得が、受信装置と送信装置との通信を行うのに十分である場合である。又、スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なう場合とは、受信装置と前記送信装置とが遠隔位置にあり、スペクトル拡散が行われず且つ直交周波数分割多重変調による利得が受信装置と送信装置との通信を行うのに不足している場合である。図5に示すように、スペクトル拡散を行わない場合、送信装置10aは、通常のOFDM信号を生成する。具体的には、通常

の OFDM 信号は、送信装置 10a の変調器 14 が周波数領域で符合を複素マッピングし（スペクトル 70 参照）、IFFT 処理器 18 が時間領域に変換することで、生成される。この OFDM 信号は、利用可能な占有帯域幅を有することになる。スペクトル拡散回路 20 は入力信号をそのまま出力するので、その結果、送信装置 10a はスペクトル 74 を有する信号を出力することになる。

【0056】図 6 に示すように、スペクトル拡散を行なう場合にも、送信装置 10a は OFDM 信号を生成する。ただし、変調器 14 は周波数領域で複素マッピングする符号数を少なく設定する（スペクトル 80 参照）。ここでは、1 つのサブキャリアのみが変調され、残りのサブキャリアはヌルとして設定されている。事実上は、直交周波数分割多重化の処理はされていないことになる。したがって、IFFT 処理器 16 によって時間領域に変換された後の OFDM 信号はスペクトル 82 を有することになる。OFDM 信号の利用可能なサブキャリア数を  $N$  とした場合、スペクトル 82 は帯域は、利用可能な占有帯域幅の  $N$  分の 1 となる。従って、伝送速度も  $N$  分の 1 となる。この分さらに、スペクトル拡散回路 20 は、入力信号にあらかじめ定められたパターンを乗算する。送信処理回路 24 は所定の電力まで信号を増幅して出力する。したがって、送信装置 10a は図 5 のスペクトル 74 と同じスペクトル 84 を持つ、スペクトル拡散された OFDM 信号を出力することになる。

【0057】一方、受信装置 10b は、通常、逆スペクトル拡散を行わず（図 5 参照）、受信不可能な場合にのみ逆スペクトル拡散を実行する。図 6 に示すように、逆スペクトル拡散を行なう場合には、受信装置 10b の逆スペクトル拡散回路 34 は、受信した信号（スペクトル 86 参照）にあらかじめ定められた複数のパターンを順次切り替え、送信装置 10a が利用したパターンと同一のパターンを検索する。そして、逆スペクトル拡散回路 34 は送信装置 10a のパターンと同じパターンを用いて逆スペクトル拡散を実行する。したがって、受信装置 10b はスペクトル 88 を持つ信号を得ることになる。この信号のスペクトル 88 は、逆スペクトル拡散を行わない場合のスペクトル 78 と同じものである。

【0058】本発明の第 1 の実施の形態によれば、通常の OFDM 信号を拡散して送信し、受信側で逆拡散するため、拡散利得分だけ最低受信感度を向上させることができる。このため、ダイナミックセル構成システムにおけるカバリッジの可変範囲を拡張することが可能となる。

【0059】さらに、本発明の第 1 の実施の形態によれば、既存システムの一部変更で実施できるため、導入時初期コストの低減を達成できる。

【0060】（第 2 の実施の形態）図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る送信装置および受信装置の構成を

示すブロック図である。本発明の第 2 の実施の形態に係る送信装置および受信装置も、OFDM 変調方式を用いて無線通信を行なうものである。本発明の第 1 の実施の形態に係る送信装置および受信装置では、同一の信号に対して OFDM 変調とスペクトル拡散の両方を行うことはしていない。しかし、本実施の形態では、同一の信号に対して OFDM 変調とスペクトル拡散の両方が行われる。

【0061】又、上記の第 1 の実施の形態では、周波数領域の信号に対して、スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行う場合の構成例を示している。したがって、図 1 のスペクトル拡散回路 20 は、並直列変換器 18 とガードインターバル付加回路 22 との間に接続され、逆スペクトル拡散回路 34 は、ガードインターバル除去回路 32 と直並列変換回路 36 との間に接続されている。しかし、スペクトル拡散および逆スペクトル拡散演算は、線形演算であるため、時間領域で行うことも可能である。本実施の形態では、時間領域でスペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行う。

【0062】図 7 に示すように、本発明の第 2 の実施の形態に係る送信装置 10a は、送信される情報信号（データストリーム）をシリアル列からパラレル列に変換する直並列変換器 12 と、直並列変換器 12 から出力されたパラレルデータを周波数領域でマッピングする変調器 14 と、変調器 14 の出力信号に対してスペクトル拡散を行なうスペクトル拡散回路 140 と、スペクトル拡散回路 140 から出力された周波数領域信号を時間領域信号に変換する IFFT（Inverse Fast Fourier Transform、逆高速フーリエ変換）処理器 16 と、IFFT 処理器 16 の出力系列をパラレル列からシリアル列に変換する並直列変換器 18 と、並直列変換器 18 の出力信号に、マルチパス干渉を防ぐための時間的なギャップであるガードインターバルを付加するガードインターバル付加回路 22 と、ガードインターバル付加回路 22 の出力信号を無線信号として送信するための処理を行う送信処理回路 24 と、送信処理回路 24 の出力信号を電波として放射するアンテナ 26 と、を少なくとも備える。ここで、送信処理回路 24 は、入力信号に対して、デジタル信号からアナログ信号への変換や、周波数の所定の無線周波数への変換、信号電力の所定の信号電力への増幅、等を実行する。

【0063】さらに、この第 2 の実施の形態に係る送信装置 10a は、スペクトル拡散回路 140 に備えられ、スペクトル拡散回路 140 がスペクトル拡散を行なう際に、変調器 14 の出力信号に対して乗算されるスペクトル拡散信号（パターン）を発生させるパターン発生回路 144a と、変調器 14 に備えられ、スペクトル拡散回路 140 がスペクトル拡散を行なう際に、直並列変換器 12 から出力されたパラレルデータのうち、マッピングする数を設定するマッピング設定部 46 と、有してい

る。また、図示はしないが、送信回路 10a は、スペクトル拡散回路 140 にスペクトル拡散を実行させるか否かを制御する制御回路、を具備している。この制御回路は、スペクトル拡散回路 140 に所定の制御信号を出力し、その制御信号によって、スペクトル拡散回路 140 のスペクトル拡散処理を制御する。

【0064】一方、本発明の第 2 の実施の形態に係る受信装置 10b は、送信装置 10a から放射された電波を受信するアンテナ 28 と、受信された無線信号をベースバンド帯域に変換するまでの処理を行う受信処理回路 30 と、復調信号から得られるタイミング情報に応じてガードインターバルの除法を行うガードインターバル除去回路 32 と、ガードインターバル除去回路 32 の出力信号をシリアル列からパラレル列に変換する直並列変換器 36 と、直並列変換器 36 から出力されたパラレルデータを時間領域信号から周波数領域信号に変換する FFT (Fast Fourier Transform、高速フーリエ変換) 処理器 38 と、FFT 処理器 38 から出力された周波数信号に対して逆スペクトル拡散を行なう逆スペクトル拡散回路 142 と、逆スペクトル拡散回路 142 の出力信号を周波数領域においてデマッピングする復調器 40 と、復調器 40 の出力信号をパラレル列からシリアル列に変換する並直列変換器 42 と、を少なくとも備える。

【0065】さらに、この第 2 の実施の形態に係る受信装置 10b は、逆スペクトル拡散回路 142 に備えられ、逆スペクトル拡散回路 142 が逆スペクトル拡散を行なう際に、送信装置 10a のスペクトル拡散回路 140 が用いたパターンと同一のパターンを発生させるパターン発生回路 44b と、復調器 40 に備えられ、送信装置 10a のマッピング設定部 46 で設定されたマッピングの数と同じデマッピングの数を設定するデマッピング設定部 47 と、を有している。また、図示はしないが、上記の送信装置 10a と同様に、受信回路 10b は、逆スペクトル拡散回路 142 に逆スペクトル拡散を実行させるか否かを制御する制御回路、を具備している。この制御回路は、逆スペクトル拡散回路 142 に所定の制御信号を出力し、その制御信号によって、逆スペクトル拡散回路 142 の逆スペクトル拡散処理を制御する。

【0066】図 8 および図 9 は、図 7 の送信装置 10a および受信装置 10b 内における信号の流れを説明する図であり、図 8 はスペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なわない場合、図 9 はスペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なう場合、を示している。図 8 に示すように、スペクトル拡散を行なわない場合、送信装置 10a は、通常の OFDM 信号を生成する。具体的には、通常の OFDM 信号は、送信装置 10a の変調器 14 が周波数領域で符号を複素マッピングし、スペクトル拡散回路 140 は入力信号をそのまま出力する (スペクトル 170 参照)。IFFT 処理器 18 は、スペクトル拡散されていない周波数領域の信号を時間領域に変換する。こ

の OFDM 信号は、利用可能な占有帯域幅を有することになる。

【0067】図 9 に示すように、スペクトル拡散を行なう場合にも、送信装置 10a は OFDM 信号を生成する。ただし、変調器 14 は周波数領域で複素マッピングする符号数を少なく設定する (スペクトル 180 参照)。ここでは、4 つのサブキャリアのみが変調され、残りのサブキャリアはヌルとして設定されている。したがって、変調器 14 の OFDM 信号はスペクトル 180 を有することになる。OFDM 信号の実質的に変調されるサブキャリア数が 4 なので、全体のサブキャリア数を 64 とすると、スペクトル 180 の帯域幅は利用可能な占有帯域幅の  $1/16$  となる。さらに、スペクトル拡散回路 20 は、入力信号にあらかじめ定められたパターンを乗算する。したがって、スペクトル拡散回路 20 の出力は、スペクトル 182 を持ち 16 倍にスペクトル拡散された OFDM 信号を出力することになる。

【0068】一方、受信装置 10b は、通常、逆スペクトル拡散を行わず (図 8 参照)、受信不可能な場合にのみ逆スペクトル拡散を実行する。図 9 に示すように、逆スペクトル拡散を行なう場合には、受信装置 10b の逆スペクトル拡散回路 142 は、受信した信号 (スペクトル 186 参照) にあらかじめ定められた複数のパターンを順次切り替え、送信装置 10a が利用したパターンと同一のパターンを検索する。そして、逆スペクトル拡散回路 142 は送信装置 10a のパターンと同じパターンを用いて逆スペクトル拡散を実行する。したがって、受信装置 10b はスペクトル 188 を持つ信号を得ることになる。

【0069】本発明の第 2 の実施の形態でも、通常の OFDM 信号を拡散して送信し、受信側で逆拡散するため、拡散利得分だけ最低受信感度を向上させることができる。このため、ダイナミックセル構成システムにおけるカバリッジの可変範囲を拡張することが可能となる。

【0070】さらに、本発明の第 1 の実施の形態と同様に、既存システムの一部変更で実施できるため、導入時初期コストの低減を達成できる。いずれの実施の形態を採用するかは、環境、仕様、実行形態などを考慮して選ばれる。

【0071】(第 3 の実施の形態) 次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。次世代の無線通信システムでは、数 Mbps から数十 Mbps の信号伝送速度のサポートが想定され、1 チャネルあたりの占有帯域幅が広く設定されている。周波数資源は有限であるため、効率的なセル配置が重要となる。

【0072】図 10 に、利用可能な周波数が 1 つの場合の従来のセル配置の例を示す。図 10 に示すように、同一周波数を利用するため、セル  $92n-1$ ,  $92n$ ,  $92n+1$  をオーバーラップさせて配置することは不可能となる。したがって、たとえばセル  $92n-1$  内の移動



局 94a が、移動局 94b の位置を介して、セル 92n + 1 内の移動局 94c の位置に移動する場合、基地局 90n-1, 90n+1 との通信が一旦途絶えてしまう。このことは、移動通信システムにとって、重要な問題であり、このため、利用できる周波数の数が少ない場合にも、ハンドオーバーを確実に実現することが望まれる。

【0073】図 11 に、本発明の第 3 の実施の形態に係るセル配置を示す。本発明の第 3 の実施の形態は、利用可能な周波数が 1 つの場合のセル配置に対して、上記の第 1 の実施の形態に係る送信装置および受信装置を搭載した基地局および移動局を、適用した例である。すなわち、本発明の第 3 の実施の形態は、上記の第 1 の実施の形態の送信装置および受信装置を用いて、各基地局のセルのカバレッジを拡大することで、隣接するセルをオーバーラップさせて配置することを可能とする。なお、ここでは、説明の簡単化を図るため、基地局を 2 つとして説明する。

【0074】図 11 に示すように、本発明の第 3 の実施の形態に係るセル配置においては、各基地局 96n-1, 96n のセルは、上記の第 1 の実施の形態と同様、通常カバレッジ 98n-1, 98n と、拡散カバレッジ 100n-1, 100n と、をそれぞれ有している。通常カバレッジ 98n-1, 98n は従来の OFDM 伝送を行う場合のカバレッジであり、拡散カバレッジ 100n-1, 100n は拡散利得によって伝送距離を延長した場合のカバレッジである。

【0075】通常カバレッジ 98n-1 に在圏する移動局 102a および通常カバレッジ 98n に在圏する移動局 102c は、拡散カバレッジ 100n-1, 100n に在圏する移動局 102b よりも、高速な伝送を行うことは可能である。ここで、移動局 102b は、基地局 96n-1 の拡散カバレッジ 100n-1、基地局 96n の拡散カバレッジ 100n の両方に属している。つまり、移動局 102b は、基地局 96n-1 と基地局 96n の両方からの信号を受信可能である。そして、基地局 96n-1 および基地局 96n は、同一の周波数を使用しているが、スペクトル拡散および逆スペクトル拡散で用いるパターン（スペクトル拡散信号）を変えることで、移動局 102b は両者からの信号を分離することができる。

【0076】本発明の第 3 の実施の形態によれば、隣接セルが同一周波数を使用している場合であっても、セルのカバレッジ拡張に伴う干渉の問題を回避することができる。さらに、本発明の第 3 の実施の形態によれば、利用できる周波数の数が少ない場合のセル構成においても、ハンドオーバーを実現することが可能となる。

【0077】次に、図 11 および図 12 を用いて、本発明の第 3 の実施の形態に係るバーストフレーム構成について説明する。図 12 は、本発明の第 3 の実施の形態に係るバーストフレーム構成を示す図である。この第 3 の

実施の形態のバーストフレーム構成は、基本的には、図 3 に示した時分割多重されたスロットを割り当てる TDMA 方式のバーストフレーム構成と同様である。

【0078】図 12 に示すように、本発明の第 3 の実施の形態のバーストフレーム構成は、基地局からすべての移動局に対しての送信に使われる報知チャネル 104、基地局から特定の移動局への送信に使われる下りチャネル 106、移動局から基地局への送信に使われる上りチャネル 108、移動局から基地局への無線リソース割り当て要求のために使われるランダムアクセスチャネル 110 と、で構成される。各チャネル 104, 106, 108, 110 それぞれは、複数のスロットから成る。

【0079】さらに、本発明の第 3 の実施の形態では、通常の OFDM 伝送に影響を与えることなく、基地局のセルのカバレッジの拡張を行うために、下りチャネル 106 および上りチャネル 108 において、スペクトル拡散を行った OFDM 信号を伝送する。すなわち、図 12 に示すように、下りチャネル 106 および上りチャネル 108 を構成するスロット 112 および 114 に、スペクトル拡散を行った OFDM 信号を挿入する。

【0080】たとえば図 11 に示すように、通常カバレッジ 98n-1, 98n に在圏する移動局 102a, 102c は、スロット 112 および 114 で伝送される信号を、異なる移動局に割り当てられたスロットとして取り扱う。このため、この信号の存在が、通常の OFDM 伝送に影響を与えることはない。

【0081】一方、拡散カバレッジ 100n-1, 100n に在圏する移動局 102b は、このスロット 112 および 114 で伝送される信号を、その信号を生成した基地局 96n-1, 96n がスペクトル拡散の際に用いたパターンと同じパターンを用いて逆拡散する。このため、移動局 102b は、スロット 112 および 114 で伝送された信号を復元することができる。

【0082】また、移動局 102b に対しても移動局 102a, 102c と同様のサービスを提供するためには、移動局 102b にも報知チャネル、基地局から特定の移動局への送信に使われる下りチャネル、移動局から基地局への送信に使われる上りチャネル、移動局から基地局への無線リソース割り当て要求のために使われるランダムアクセスチャネル、を提供する必要がある。さらに、当然のことながら、これらの信号は、通常の OFDM 伝送に影響を与えないようにする必要がある。したがって、移動局 102b に対しては、図 12 の下りチャネル 106 および上りチャネル 108 のスロット 112 および 114 を用いて、報知チャネル、下りチャネル、上りチャネル、ランダムアクセスチャネルを提供する。

【0083】さて、スペクトル拡散された OFDM 信号は、ユーザーチャネルである下りチャネル 106 および上りチャネル 108 で伝送されるため、下りチャネル 106 および上りチャネル 108 のどのスロットに割り当



てられるかは、不確定である。つまり、図12のバーストフレームの先頭から、スペクトル拡散を施されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数は、一定ではない。

【0084】そこで、本発明の第3の実施の形態では、通常カバリッジ98n-1, 98nに在圏する移動局に対する、報知チャンネルにおいて、バーストフレームの先頭から、下りチャンネル内でスペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数I、およびスペクトル拡散カバリッジ100n-1, 100nに在圏する移動局102bに対する、上りチャンネル内でスペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数IIを伝送し、拡散カバリッジに入ってもスムーズにバーストフレーム同期を達成することができる。

【0085】更に詳しく説明すれば、本発明の第3の実施の形態では、先ず通常カバリッジに存在する移動局は、スロット112および114以外のスロットの割り当てを受ける。その移動局が通常カバリッジからスペクトル拡散カバリッジに移動すると、通常のOFDM信号からデータを復元できなくなる。受信装置10bの逆スペクトル拡散回路142は、下りチャンネル106及び上りチャンネル108のすべてのスロットに対して、あらかじめ定められた複数のパターンを順次切り替え、送信装置10aが利用したパターンと同一のパターンを検索すると共に、スロット112および114の位置を特定する。そして、スロット112および114からデータを取り出す。

【0086】取り出されたデータは、組み合わせられて、図3に示されているような時分割多重されたスロットを割り当てるTDMA方式のバーストフレームを構成する。ここに示すように、基地局からスペクトル拡散カバリッジに存在する移動局に対しての送信に使われる報知チャンネル104、基地局から特定の移動局への送信に使われる下りチャンネル106、移動局から基地局への送信に使われる上りチャンネル108、移動局から基地局への無線リソース割り当て要求のために使われるランダムアクセスチャンネル110と、で構成される。各チャンネル104, 106, 108, 110それぞれは、複数のスロットから成る。即ち、スペクトル拡散カバリッジは、通常カバリッジとは独立のチャンネルが与えられ、その中で無線リソースの割り当てが行われる。

【0087】そして、その報知チャンネルにおいて、バーストフレームの先頭から、スペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数I、およびスペクトル拡散カバリッジ100n-1, 100nに在圏する移動局102bに対する、下りチャンネル、上りチャンネルまでのスロット数IIを伝送し、バーストフレーム同期を達成する。従って、一旦、スペクトル拡散カバリッジでの通信が確立されると、バーストフレームの

先頭から、下りチャンネル内でスペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数I、およびスペクトル拡散カバリッジ100n-1, 100nに在圏する移動局102bに対する、上りチャンネル内でスペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングまでのスロット数IIが変更されても、送信装置10aが利用したパターンと同一のパターンを検索すると共にスロット112および114の位置を特定する処理を繰り返す必要は無い。

【0088】以上のような構成は、既存のシステムの変更を最小限にするという意味で有効である。しかし、制御をより合理的にするために、スペクトル拡散されたOFDM信号が伝送されるタイミングを、下りチャンネル106及び上りチャンネル108の先頭に固定しておいても良い。この場合、スロット112および114の位置を検出する為の処理や、スロット数Iとスロット数IIを通知する処理が不要となる。

【0089】本発明の第3の実施の形態によれば、通常のOFDM伝送に影響を与えることなく、基地局のセルのカバリッジの拡張を行うことができる。

【0090】また、本発明の第3の実施の形態では、基地局ごとに異なるスペクトル拡散信号を使用するため、同一周波数を使用する隣接セルとの干渉を防ぐことが可能となる。このことは、利用可能な周波数資源に限られる場合に、特に有効である。

【0091】(第4の実施の形態)次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。この第4の実施の形態は、上記の第1および第3の実施の形態に係る送信装置および受信装置にアダプティブアンテナ装置を設けた例である。インテリジェントアンテナ技術は、前述した従来技術の文献「インテリジェントアンテナ技術」、「適応可変ゾーン構成システムにおけるゾーン生成アルゴリズムの検討」、「基地局に指向性アンテナを用いた適応可能型ゾーン構成システムの検討」に示されているように、チャンネルの利用効率の向上に有効である。

【0092】図13は、本発明の第4の実施の形態に係る受信用のアンテナ装置の構成を示すブロック図である。図13に示すように、本発明の第4の実施の形態の受信用アンテナ装置は、複数のアンテナ素子116-1, 116-2, 116-3, ..., 116-kと、複数のアンテナ素子116を制御するアンテナ制御部118と、から構成され、アンテナ制御部118が受信装置10bと接続される。そして、アンテナ制御部118は、複数のアンテナ素子116それぞれに対応して設けられた、複数の重み付け器120-1, 120-2, 120-3, ..., 120-k、複数の重み付け器120によって重み付けられた、アンテナ素子116それぞれの受信信号を合成する合成器122、複数の重み付け器120を制御する重み制御部124と、複数のアンテナ素子116の受信信号から到来波の方向を推定する到来波推定

部 126 と、を少なくとも備える。

【0093】本発明の第4の実施の形態に係る受信アンテナ装置では、まず到来波推定部 126 が、アンテナ素子 116 それぞれで受信された信号を入力し、各信号の受信強度に基づき、受信希望波の方向を推定する。この推定には、たとえば MUSIC や ESPRIT 等の到来方向推定アルゴリズムが利用される。そして、その推定結果に基づいて、重み制御部 124 が、各重み付け器 120 に設定される重みを制御する。なお、MUSIC の詳細については、IEEE, Trans., Vol. AP-32, No. 3, pp. 276-280 (Mar. 1986) の「Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation」に述べられている。また ESPRIT の詳細については、IEEE, Trans., Vol. AS-SP-37, pp. 984-995 (July 1989) の「ESPRIT-Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques」に述べられている。

【0094】図 14 に、本発明の第4の実施の形態に係る送信用アンテナ装置の構成を示す。図 14 に示すように、本発明の第4の実施の形態に係る送信用アンテナ装置は、複数のアンテナ素子 128-1, 128-2, 128-3, ..., 128-l と、複数のアンテナ素子 128 を制御するアンテナ制御部 130 と、から構成され、アンテナ制御部 130 が送信装置 10a および受信装置 10b それぞれと接続される。そして、アンテナ制御部 130 は、複数のアンテナ素子 128 それぞれに対応して設けられた、複数の重み付け器 134-1, 134-2, 134-3, ..., 134-l と、送信装置 10a から出力された送信信号をアンテナ素子 128 それぞれに分波する分波器 136 と、複数の重み付け器 120 を制御する重み制御部 138 と、アンテナ素子 128 それぞれに対応して設けられ、対応する重み付け器 134 で重み付けされた送信信号をアンテナ素子 128 に出力し、アンテナ素子 128 から入力された受信信号を受信装置 10b に出力する、複数のサーキュレータ 132-1, 132-2, 132-3, ..., 132-l と、を少なくとも備える。

【0095】本発明の第4の実施の形態に係る送信用アンテナ装置では、まず分波器 136 は、送信装置 10a で生成された送信信号を分波し、分波された送信信号それぞれを各重み付け器 134 に出力する。重み制御部 138 は、受信装置 10b からの制御信号に基づいて、各重み付け器 134 の重みを制御する。受信装置 10b は、図 13 の到来波推定部 126 の推定結果に基づいて、その制御信号を生成する。受信装置 10b は、受信希望波の方向と同じ方向にビームが向くように、重み制御部 138 を制御する。

【0096】本発明の第4の実施の形態の基地局は、基地局からの距離が遠いカバリッジに在る移動局に、スペクトル拡散された OFDM 信号を送信する。このスペクトル拡散された OFDM 信号の信号伝送速度は、通

常の OFDM 信号のそれと比べて低下している。つまり、信号伝送速度を犠牲にして、セルのカバリッジを拡張している。そのため、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保するような位置に存在する移動局に対するビームの制御に関して、大きな利点が存在する。すなわち、本発明の第4の実施の形態によれば、従来難しかった、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保するような位置に存在する移動局についての、アンテナのビーム制御を行うために必要となる初期位置情報の取得が実現される。

【0097】さらに、アダプティブアンテナのアンテナ利得によって通信路を確保するような位置に存在する移動局について、一旦初期位置情報の取得が行えてしまえば、通常の OFDM 信号の伝送が可能となる。その場合には、アダプティブアンテナの重みの算出を、OFDM 信号を拡散した信号からではなく、通常の OFDM 信号から行うことができる。つまり、本発明の第4の実施の形態によれば、一旦通信路が確保されてしまえば、従来のアダプティブアンテナの重み係数の制御方法を適用することが可能となる。

【0098】図 12 を再度参照して、更に詳しく説明すれば、本発明の第4の実施の形態では、先ず通常カバリッジに存在する移動局は、スロット 112 および 114 以外のスロットの割り当てを受ける。その移動局が通常カバリッジからスペクトル拡散カバリッジに移動すると、通常の OFDM 信号からデータを復元できなくなる。受信装置 10b の逆スペクトル拡散回路 142 は、下りチャネル 106 及び上りチャネル 108 のすべてのスロットに対して、あらかじめ定められた複数のパターンを順次切り替え、送信装置 10a が利用したパターンと同一のパターンを検索すると共に、スロット 112 および 114 の位置を特定する。そして、スロット 112 および 114 からデータを取り出す。しかし、ここでは前記本発明の第3の実施の形態のように、スペクトル拡散された OFDM 信号を使って実際のユーザーデータの通信は行わない。スペクトル拡散カバリッジに移動した移動局の位置の検出の為にのみ、スペクトル拡散された OFDM 信号を使った通信を行う。以上の処理が完了するとアダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向ける。これにより、必要な受信信号レベルが確保される再度、通常の OFDM 信号の為のスロットの割り当てが、ランダムアクセスチャネル 110 を介して行われる。これによって、スペクトル拡散カバリッジに移動した移動局と通常の OFDM 信号による通常カバリッジと同様の通信を行うことが可能となる。そして、スペクトル拡散カバリッジの通信チャネルは開放される。

【0099】本発明の第4の実施の形態によれば、アダプティブアンテナを使用するシステムにおいて課題であ

った、移動局の初期位置の把握方法（初期捕捉）の問題を解決でき、さらにダイナミックゾーン構成においてアダプティブアレイアンテナの重みを効率的に制御でき、周波数利用効率を向上することができる。

【0100】従って、本発明によれば、ダイナミックセル構成システムにおけるカバリッジの可変範囲を拡張できる送信装置および受信装置を実現できる。

【0101】又、本発明によれば、利用可能な周波数資源が限られたセル配置であっても、隣接するセル間の干渉を防止できる送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を実現できる。

【0102】更に、本発明によれば、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保するような位置に存在する移動局に対する、アダプティブアンテナのビーム制御を可能とする送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を実現できる。

【0103】本発明の装置は、特許請求の範囲の記載により定まる本発明の趣旨及び範囲を逸脱することなく修正及び変更態様として実施することができる。従って、本願の記載は、例示説明を目的とするものであり、本発明に対して何ら制限的な意味を有するものではない。

#### 【0104】

【発明の効果】本発明によれば、ダイナミックセル構成システムにおけるカバリッジの可変範囲を拡張できる送信装置および受信装置を実現できる。

【0105】本発明によれば、利用可能な周波数資源が限られたセル配置であっても、隣接するセル間の干渉を防止できる送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を実現できる。

【0106】本発明によれば、アダプティブアンテナのビームを移動局の方向に向けることによって得られるアンテナ利得によって、通信路が確保するような位置に存在する移動局に対する、アダプティブアンテナのビーム制御を可能とする送信装置、受信装置、およびこれらを搭載した基地局を実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る送信装置および受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】一般的なセルラー方式のセル構成を説明する図である。

【図3】図2のセルラー方式で用いられるバーストフレーム構成を説明する図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係るセルのカバリッジを説明する図である。

【図5】スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行わない場合における、図1の送信装置および受信装置内の信号の流れを説明する図である。

【図6】スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なう場合における、図1の送信装置および受信装置内の信

号の流れを説明する図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態に係る送信装置および受信装置の変形例の構成を示すブロック図である。

【図8】スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行わない場合における、図7の送信装置および受信装置内の信号の流れを説明する図である。

【図9】スペクトル拡散および逆スペクトル拡散を行なう場合における、図7の送信装置および受信装置内の信号の流れを説明する図である。

【図10】利用周波数が1つである場合における、一般的なセル配置を説明する図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態に係るセル配置を説明する図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態に係るバーストフレーム構成を説明する図である。

【図13】本発明の第4の実施の形態に係る受信用アンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【図14】本発明の第4の実施の形態に係る送信用アンテナ装置の構成を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

10a 送信装置

10b 受信装置

12, 36 直並列変換器

14 変調器

16 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform、逆高速フーリエ変換) 処理器

18, 42 並直列変換器

20, 140 拡散回路

22 ガードインターバル付加回路

24 送信処理回路

26, 28 アンテナ

30 受信処理回路

32 ガードインターバル除去回路

34, 142 逆拡散回路

38 FFT (Fast Fourier Transform、高速フーリエ変換) 処理器

40 復調器

44, 144 パターン発生器

46 マッピング設定部

47 デマッピング設定部

48, 62, 90, 96 基地局

50, 92 セル

52, 64, 94, 102 移動局

54, 104 報知チャネル (Broadcast Channel)

56, 106 下りチャネル (Downlink Channel)

58, 108 上りチャネル (Uplink Channel)

60, 110 ランダムアクセスチャネル (Random access Channel)

66, 98 通常カバリッジ

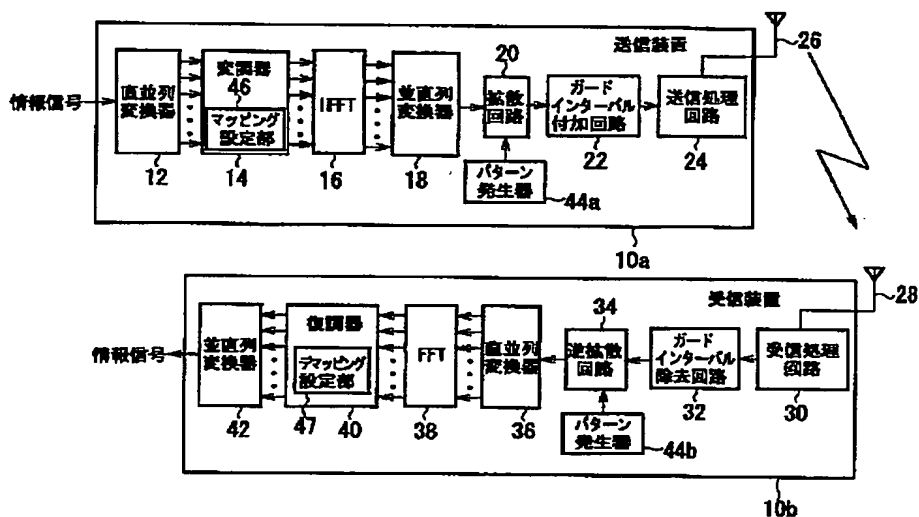
68, 100 拡散カバリッジ

31

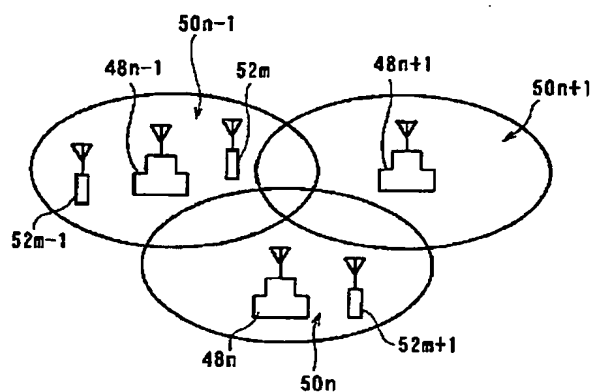
70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 8  
 6, 88 信号のスペクトル  
 112, 114 スロット  
 116, 128 アンテナ素子  
 118, 130 アンテナ制御部  
 120, 134 重み付け器

122 合成器  
 124, 138 重み制御部  
 126 到来波推定部  
 132 サークュレータ  
 136 分波器

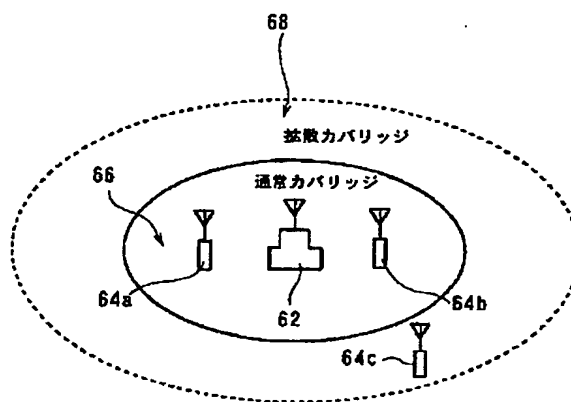
【図1】



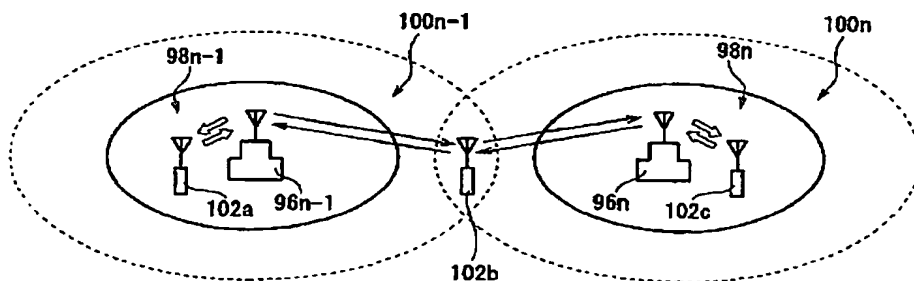
【図2】



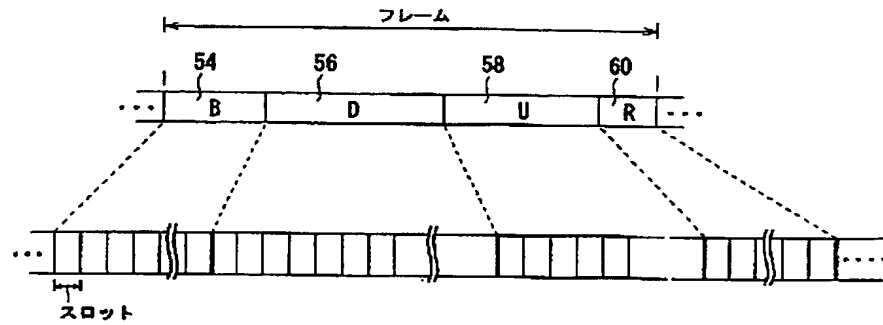
【図4】



【図11】



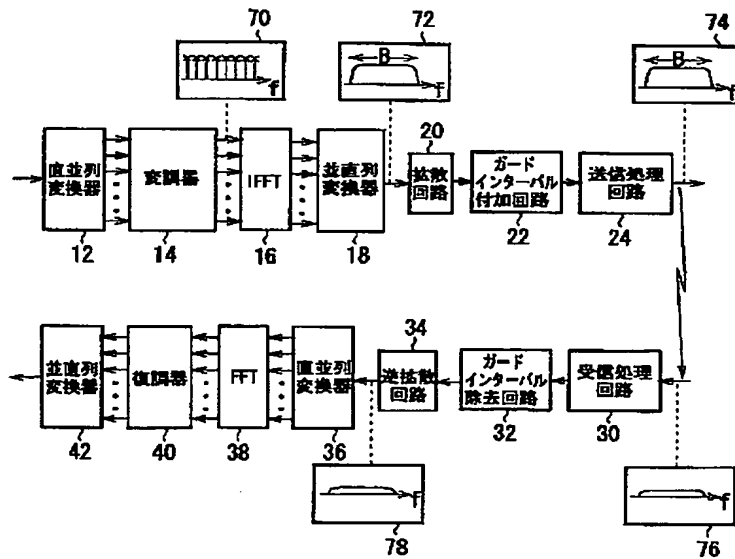
【図3】



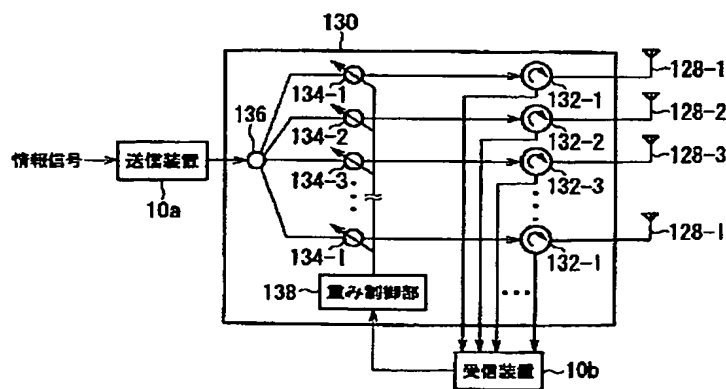
B: Broadcast Channel  
 D: Downlink Channel  
 U: Uplink Channel  
 R: Random Access Channel

報知チャンネル  
 下りチャンネル  
 上りチャンネル  
 ランダムアクセスチャンネル

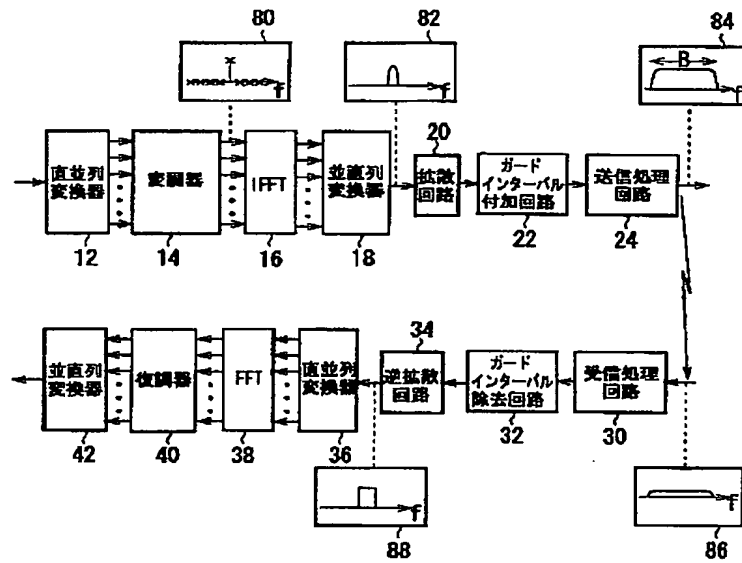
【図5】



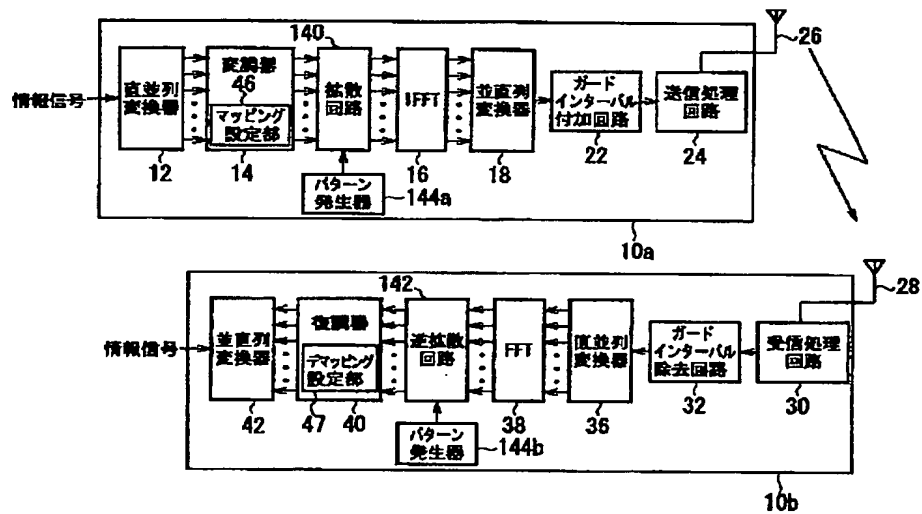
【図14】



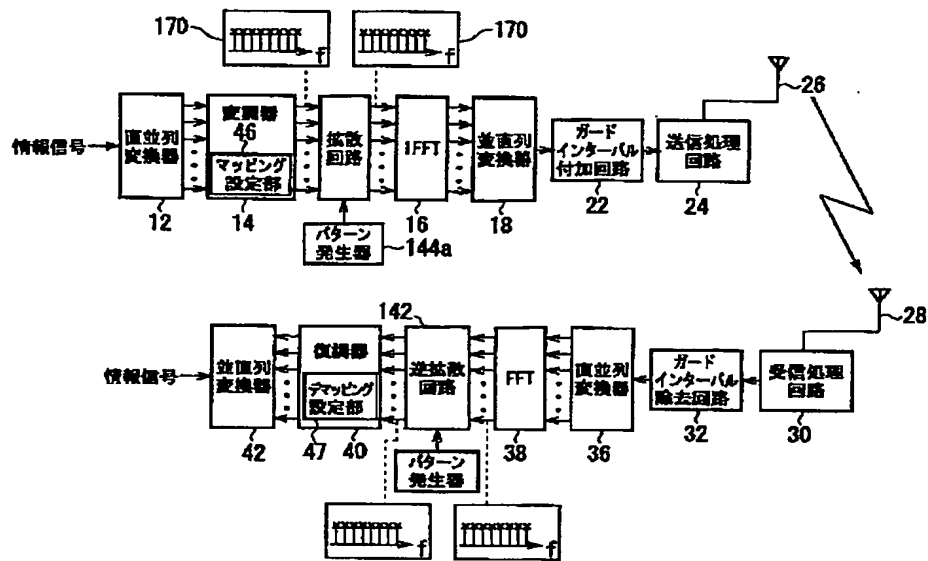
【図6】



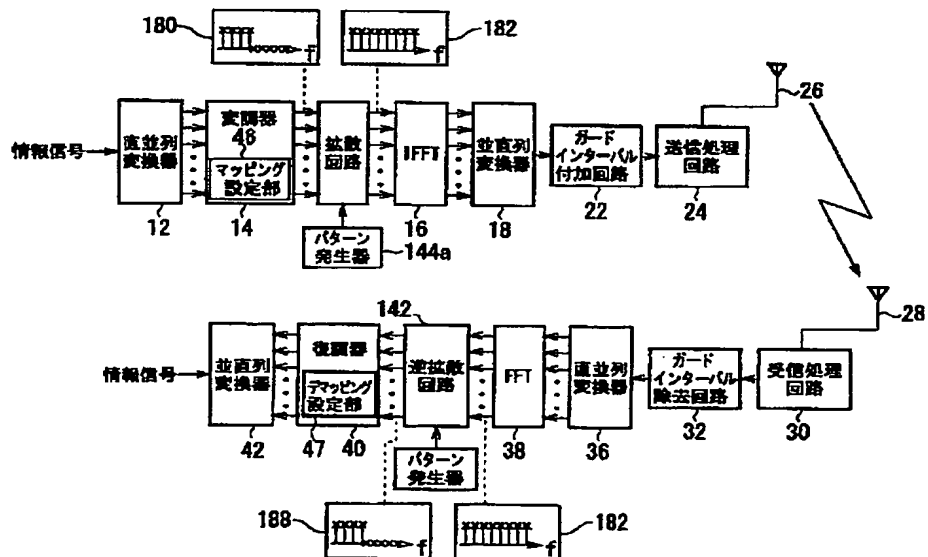
【図7】



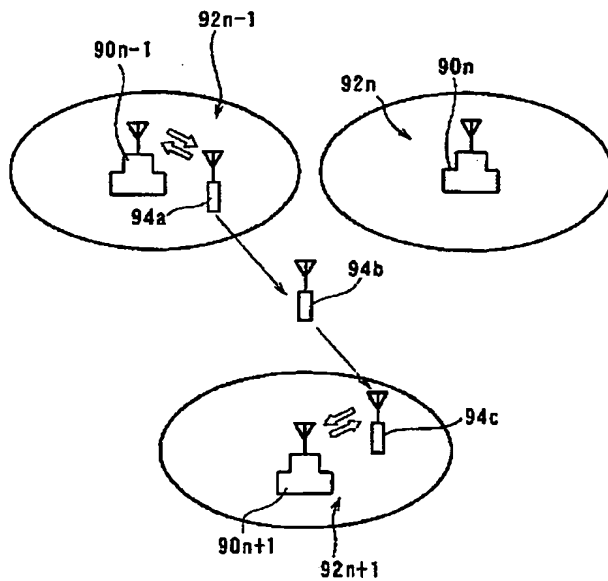
【図 8】



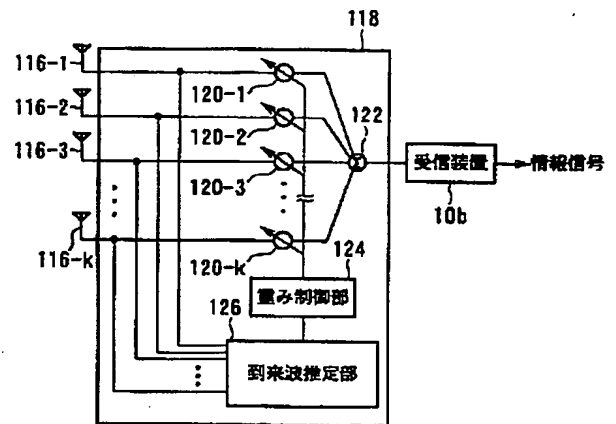
【図 9】



【図10】



【図13】



【図12】

